

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-252179

(43)Date of publication of application : 14.09.2000

(51)Int.Cl.

H01L 21/02

(21)Application number : 11-056611

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 04.03.1999

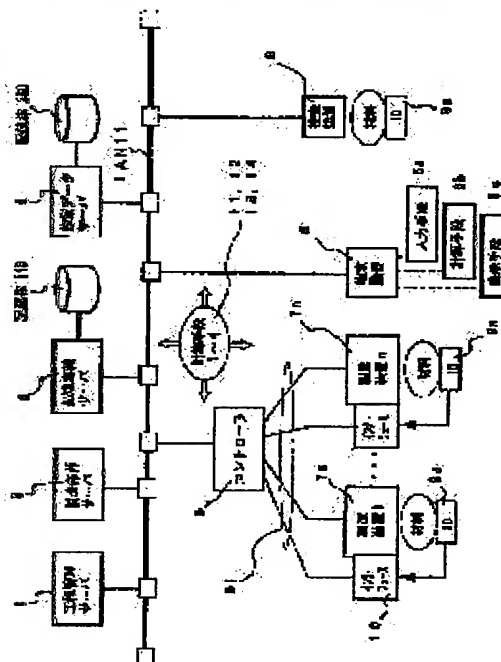
(72)Inventor : HIDA TOMOYUKI

(54) SEMICONDUCTOR MANUFACTURING PROCESS STABILIZATION SUPPORT SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor manufacturing process stabilization support system capable of implementing stabilization of product quality and improvement of yields and increasing production efficiency.

SOLUTION: This system comprises a manufacturing apparatus which is facilities for manufacturing semiconductor products, in accordance with preset process steps and which has a function of transmitting various information, calculation means 11 for combining actual data and inspection results from the manufacturing apparatus, calculation means 12 for calculating causal relationship between the actual data and the inspection results from data gathered combined by the means 11, calculation means 13 for adjusting process parameters, while comparing the data on inspection result with estimated results for the manufacturing apparatus from the causal relationship calculated by the means 12, and a calculation means 14 for adjusting setting ranges or tolerances. According to this system, the manufacturing equipment can be automatically operated easily and monitored continuously with high reliability.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than withdrawal the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application] 28.05.2003

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-252179
(P2000-252179A)

(43)公開日 平成12年9月14日(2000.9.14)

(51)Int.Cl.⁷

H 0 1 L 21/02

識別記号

F I

H 0 1 L 21/02

テーマコード(参考)

Z

審査請求 未請求 請求項の数22 O L (全 29 頁)

(21)出願番号 特願平11-56611

(22)出願日 平成11年3月4日(1999.3.4)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 飛田 朋之

茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株
式会社日立製作所計測器事業部内

(74)代理人 100068504

弁理士 小川 勝男

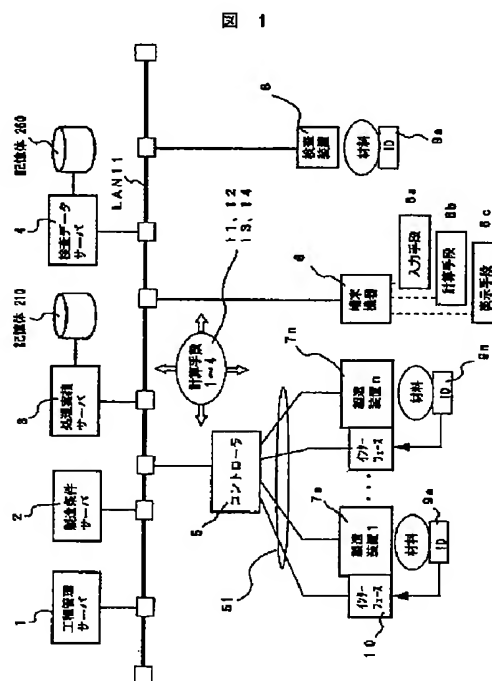
(54)【発明の名称】 半導体製造プロセス安定化支援システム

(57)【要約】

【課題】半導体製造プロセス安定化支援システムにおいて、製品の品質の安定化と歩留まりの向上とを実現し、生産効率を向上できるシステムを提供する。

【解決手段】予め定められた工程に従い半導体製品を製造するための設備であって、かつ種々の情報を送信する機能を有する製造装置と、前記製造装置からの実績データと検査結果とを結合する計算手段11と、前記計算手段11によって収集・結合されたデータから、前記製造装置の実績データと検査結果との因果関係を求める計算手段12と、前記計算手段12で計算された因果関係から、前記製造装置の推定される結果を前記検査結果の実績データに比して、プロセスパラメータを調整する計算手段13と、設定範囲又は許容範囲値を調整する計算手段14とを具備した。

【効果】本発明によれば、信頼性が高く且つ容易に製造設備を自動運転でき、且つ連続的に監視できる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 予め定められた工程に従い半導体製品を製造するための設備であって、かつ種々の情報を送信する機能を有する製造装置と、
前記各製造装置の製作条件やその管理値等を記憶する製造条件管理機器と、
製造ラインの生産計画・進行を管理する生産管理機器と、
前記各製造装置により製作され製品の寸法や膜厚等の計測結果を収集し記憶する検査管理機器とをネットワーク
10 で接続し、
前記各製造装置からの処理したデータ（プロセスパラメータの実績値）を収集するサーバを前記ネットワーク上に具備し、
前記サーバには前記検査管理機器に収集されたデータを前記製造装置や品種に該当する所望のデータを抽出し、
且つ前記製造装置からのプロセスパラメータの実績データとを結合する計算手段 1 を具備し、
前記製造装置からのプロセスパラメータの実績データは前記サーバで直接収集するか、或いは前記製造装置と前
20 記サーバ間に前記設備単位で所定の動作制御を行うコントローラを介して収集し、
前記サーバ内の計算手段 1 によって収集・結合された前記製造装置からのプロセスパラメータの実績データと検査結果のデータから、前記製造装置のプロセスパラメータの実績データと検査結果との因果関係を求める計算手段 2 を具備し、
更に、前記計算手段 2 で計算された因果関係から、前記製造装置の推定される結果を前記検査結果の実績データに比して、バラツキを圧縮しかつ所望の目標値（平均
30 値）を達成するために前記プロセスパラメータを調整する計算手段 3 を具備し、
更にその設定範囲又は許容範囲値を調整する計算手段 4 を具備し、
更に、前記ネットワーク上には、前記製造装置の近傍に端末機器を配設して接続し、
前記計算手段 4 にて計算された所定のプロセスパラメータと前記製造装置から収集される実績データと検査結果や他の着工実績の履歴等を前記端末機器に表示し、且つ前記製造装置の状態変化を監視できる構成としてあることを特徴とする半導体製造プロセス安定化支援システム。

【請求項 2】 前記請求項第 1 項の半導体製造プロセス安定化支援システムにおいて、
前記計算手段 1 には、前記検査管理機器に収集されたデータを前記製造装置の所望の品種や工程に該当する所望のデータを前記検査結果収集サーバから前記処理実績サーバに即時に収集できる手段（リモートコピーや R P C）を具備し、且つ収集されたデータを所定のフォーマットに抽出して編集できる機能を具備してあることを特
50

徴とする半導体製造プロセス安定化支援システム。

【請求項 3】 前記請求項第 2 項の半導体製造プロセス安定化支援システムにおいて、
前記計算手段 1 にて前記各製造装置の処理したプロセスパラメータの実績データとその出力値である検査結果とを、前記端末機器に具備された計算手段にて一般的な統計加工を行い、その結果を前記端末機器の表示部にグラフィカルに表示して、前記製造装置の動作状況を開示できるように構成してあることを特徴とする半導体製造プロセス安定化支援システム。

【請求項 4】 前記請求項第 2 項の半導体製造プロセス安定化支援システムにおいて、
前記計算手段 1 にて前記各製造装置の処理したプロセスパラメータの実績データとその出力値である検査結果とを、逐次予め設定された前記製造条件やその判定値と比較・判定して、その結果を前記端末機器に開示し、前記製造装置の状態変化を監視し、もしこれらの値が前記許容差以外或いは判定値以上であるならば“警告”するように構成してあることを特徴とする半導体製造プロセス安定化支援システム。

【請求項 5】 前記請求項第 1 項の半導体製造プロセス安定化支援システムにおいて、
前記計算手段 2 には、前記計算手段 1 によって編集されたデータから、前記製造設備単位で、前記設備のプロセス処理データとその出力とを線形式にて近似し、その係数を算出する機能を有し、この機能によって、前記製造装置のプロセスパラメータと出力との因果関係を求め、前記計算された係数を初期値として、再度カルマンフィルターによりその因果関係を求めるように構成してあることを特徴とする半導体製造プロセス安定化支援システム。

【請求項 6】 前記請求項第 5 項の半導体製造プロセス安定化支援システムにおいて、
前記計算手段 2 には、前記カルマンフィルターを Duhamel 1 形の単位図法にて、その係数を求めて前記製造装置のプロセスパラメータと出力との因果関係を求めていることを特徴とする半導体製造プロセス安定化支援システム。

【請求項 7】 前記請求項第 5 項の半導体製造プロセス安定化支援システムにおいて、
前記計算手段 2 には、前記カルマンフィルターを Duhamel 1 形の単位図法にてその係数を求めて前記製造装置のプロセスパラメータと出力との因果関係を求め、前記処理実績サーバの蓄積された各プロセスパラメータのデータの各バラツキや標準偏差から、前記製造装置の未来の動作変化やその出力を予測していることを特徴とする半導体製造プロセス安定化支援システム。

【請求項 8】 前記請求項第 1 項の半導体製造プロセス安定化支援システムにおいて、
前記計算手段 3 には、前記計算手段 2 によって求められ

た因果関係から、前記出力のバラツキに寄与するプロセスパラメータと所定の目標値（平均値）に合わせることでできるプロセスパラメータを区分し、前記プロセスパラメータの最適な値（平均値）を求めることができるように構成してあることを特徴とする半導体製造プロセス安定化支援システム。

【請求項 9】前記請求項第 8 項の半導体製造プロセス安定化支援システムにおいて、前記プロセスパラメータの最適な値（平均値）を求めるために、

(1) : プロセスデータとその出力値データから、周知の統計手法にて、各パラメータ毎の平均値や標準偏差や分布の歪み等を算出する。

(2) : 次に、プロセスパラメータの数によって、3 水準系の L 9, L 18, L 27, L 36 の直交表や、或いは 2 水準系の L 4, L 8, L 12, L 16, L 32 の直交表や、或いはそれらの混合系の直交表のいずれかの一つの直交表を選択し、各プロセスパラメータを自動にて割付けを行い、前記 (1) 項のデータから、各パラメータの各水準値を決定する。

(3) : 次に、直交表の配列に従って、バラツキ（タグチメソッドの SN 比）とその感度とを、各パラメータの水準毎に算出する。

(4) : 次に、直交表の配列に従い、前記バラツキと感度について分散分析を行い、各パラメータ間の分散比や寄与度の順位付けを行う。

かかる処理を一連の動作で行い、前記出力のばらつきに対する寄与率の大きいパラメータと、目標値を操作できるパラメータとが分離されていることを特徴とする半導体製造プロセス安定化支援システム。

【請求項 10】前記請求項第 8 項の半導体製造プロセス安定化支援システムにおいて、前記プロセスパラメータの最適な値（平均値）を求めるための判定方法を、前記出力値データから周知の統計手法にて計算された工程能力指数と或いは一般的に規定されている 1 以上で且つ 1.67 以下の範囲の工程能力指数と、前記計算手段にて計算される工程能力指数を比較して、前記その最適な値を算出していることを特徴とする半導体製造プロセス安定化支援システム。

【請求項 11】前記請求項第 1 項の半導体製造プロセス安定化支援システムにおいて、前記計算手段 4 には、前記計算手段 3 によって求められた各プロセスパラメータの平均値から、前記各プロセスパラメータの設定値の計算された許容範囲と、前記出力値データから周知の統計手法にて求めた実際の許容範囲とを比較して、前記プロセスパラメータの最適な許容範囲を求めることができるように構成してあることを特徴とする半導体製造プロセス安定化支援システム。

【請求項 12】前記請求項第 1 項の半導体製造プロセス安定化支援システムにおいて、

前記計算手段 4 には前記計算手段 3 によって求められた各プロセスパラメータの平均値から前記各プロセスパラメータの設定値を求めるための前記バラツキに寄与するパラメータ判定の方法を、前記出力値データから周知の統計手法にて計算された許容範囲値と、本計算手段にて計算された許容範囲の値とを比較して、その値が少なくとも前記実績の許容範囲と等しいか或いはそれ以上の値で設定できるように処理し、且つ他のパラメータはその管理が緩和される許容範囲に設定する処理を行うことを特徴とする半導体製造プロセス安定化支援システム。

【請求項 13】前記請求項第 1 項の半導体製造プロセス安定化支援システムにおいて、前記計算手段 3 によって決定された前記プロセスパラメータの平均値を前記製造装置の製作条件としてフィードバックして生産を継続していることを特徴とする半導体製造プロセス安定化支援システム。

【請求項 14】前記請求項第 1 項の半導体製造プロセス安定化支援システムにおいて、前記計算手段 3, 4 によって決定された前記プロセスパラメータの平均値と許容差を前記製造装置の製作条件の状態変化の判定基準として、前記製造設備の動態変化を監視していることを特徴とする半導体製造プロセス安定化支援システム。

【請求項 15】前記請求項第 1 項の半導体製造プロセス安定化支援システムにおいて、前記計算手段 3, 4 によって決定された前記プロセスパラメータの平均値と許容差とを前記製造装置の製作条件として前記製造条件サーバに継続して蓄積し、かかるデータで前記製造を監視・管理或いは動作させていることを特徴とする半導体製造プロセス安定化支援システム。

【請求項 16】前記請求項第 1 項の半導体製造プロセス安定化支援システムにおいて、前記計算手段と別に前記製造装置のプロセスパラメータの値やその出力値から、前記製造装置の動作状況の状態変化の固有モードを決定する基準空間を作成する計算手段を具備してあることを特徴とする半導体製造プロセス安定化支援システム。

【請求項 17】前記請求項第 1 項の半導体製造プロセス安定化支援システムにおいて、

前記製造装置の基準空間は前記収集されたデータより、(1) : 前記製造装置の固有モードの空間（基準空間）を作成するデータを収集し、そのデータ数は、少なくとも前記製造装置のプロセスパラメータ数とその検査結果データを加算した値以上であるか、その 2 から 3 倍数としている。

(2) : 前記 (1) 項のデータを前記各要素毎に、その平均値と標準偏差で正規化する。

(3) : 前記 (2) 項のデータから、前記各要素の数のみで決定される 2 次元の相関行列を作成し、さらにこの行列を加工して、前記行列のマハラノビスの距離を求

10

20

30

40

50

め、これらの距離で決定した分布状態（その平均値は0で、その標準偏差は約1）を前記製造設備の基準空間として作成していることを特徴とする半導体製造プロセス安定化支援システム。

【請求項18】前記請求項第16項の半導体製造プロセス安定化支援システムにおいて、前記製造装置の基準空間において、前記観測されるプロセスパラメータやその出力値の期待値以外（基準空間作成時の各センサの標準偏差の3倍以上の値）の値を設定してマハラノビスの距離を求め、この値を前記製造装置の“基準空間”からの“最低隔離距離”とし、前記値を前記製造装置の“異常或いは状態変化の始点”として設定してあることを特徴とする半導体製造プロセス安定化支援システム。

【請求項19】前記請求項第16項の半導体製造プロセス安定化支援システムにおいて、前記製造装置の基準空間のデータ値を前記端末機器の表示部に表示・開示し、新たに収集されたデータをもとに前記基準空間を作成した行列を適用して計算したマハラノビスの距離と、前記基準空間との値とを比較しながら、前記製造装置の状態変化を監視していることを特徴とする半導体製造プロセス安定化支援システム。

【請求項20】前記請求項第1、16項の半導体製造プロセス安定化支援システムにおいて、前記計算手段1～4によって計算された値で継続して製造を進め、その状態変化が変化なく安定化域に達した場合に、前記製造装置の監視を前記基準空間を適用した処理に移行できる手段を具備していることを特徴とする半導体製造プロセス安定化支援システム。

【請求項21】前記請求項第1、16項の半導体製造プロセス安定化支援システムにおいて、前記計算手段1～4によって計算された値で継続して製造を進め、その状態変化が変化なく安定化域に達した場合に、前記製造装置の監視を前記製造装置のプロセスパラメータのみで基準空間を作成し、以後かかる空間の値と、新たに収集されたプロセスデータのみをもとに前記基準空間を作成した行列を適用して計算したマハラノビスの距離と、前記基準空間との値とを比較しながら前記製造装置の状態変化を監視して前記製造装置の検査工程を排除していることを特徴とする半導体製造プロセス安定化支援システム。

【請求項22】前記請求項第1項の半導体製造プロセス安定化支援システムにおいて、前記製造装置をラインに設置する前、或いは試作段階や、或いは不良発生時に前記プロセスパラメータの条件出しやその再現試験時に、改めて別途準備した管理機器として前記計算手段1～4の一連の機能を搭載し、この前記管理機器をシミュレータとして位置付けて具備し、単独に前記製造装置の性能やプロセスパラメータの操作や評価をできるように構成していることを特徴とする半

導体製造プロセス安定化支援システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体製造工場の生産システムに関し、特に製造設備から収集されたプロセスデータと検査装置から収集されたデータから製品の品質の変動を常時監視し、さらにそのプロセスの安定化のために前記製造装置のプロセスパラメータに反映して、製作される製品の品質を向上させるとともに、プロセスの安定化を実現し、より効率の高い生産を達成するための支援システムに関する。

【0002】

【従来の技術】現在の半導体工場の製造ラインでは、より高効率の生産システムの構築によりタイムリーな生産立ち上げを実施する必要がある。かかる生産システムの使命は、歩留まり、品質の向上、原価低減、TAT短縮、スループット向上であり、製造設備の自動化運転と生産管理と品質管理とを融合したシステムが必要であり、半導体工場を含む生産工場の生産システムは生産計画に基づき、生産設備を制御するFMS（Flexible Manufacturing System）化が進み、これを実現するためのネットワークを利用したCIM（Computer Integrated Manufacturing）化が強力に推進されている。

【0003】かかる半導体製造工場におけるCIM化に関し、特にその品質の安定化に関しては、従来技術として特開平7-50235号（従来技術1）と特開平9-50949号（従来技術2）と特開平6-333791号（従来技術3）と特開平8-195407号（従来技術4）が知られている。

【0004】この従来技術1には、半導体製造装置の作業基準データが格納される作業基準データファイルと、半導体製造装置の作業結果が格納される作業実績データファイルと、半導体製造装置から送られてくるメンテナンス作業結果情報または現在の品質管理情報からなる作業実績データファイルに書き込むとともに、この作業情報と作業基準データとを比較し、この比較結果に基づいて半導体製造装置に警告を発生する監視手段とを備えた半導体製造装置の管理装置が記載されている。又、従来技術2には、製造ラインにおける所望の製造工程と所望の製造設備とについて相互に関係付けして各々における管理基準データを準備し、前記所望の製造工程における製品検査データ及び所望の製造設備における作業データを収集し、この収集された所望の製造工程における製品検査データを、前記関係付けして準備された所望の製造工程における管理基準データと比較することによって製品の品質または特性についての異常の有無を評価し、更に前記収集された所望の製造設備における作業データを、前記関係付けして準備された所望の製造設備における管理基準データと比較することによって製造設備についての異常の有無を評価し、各々の評価において異常と評価された場合に警告する生産管理システム（製造条件

管理、検査結果管理、製品進行管理、設備作業来歴管理、生産／品質監視サブシステムで構成される）を用いて、前記製造ラインにより製品を製造するシステムが記載されている。

【0005】又、従来技術3には、半導体装置の検査工程の測定結果を収集し、あらかじめ登録されている規格・判定方法に従って測定値の良否判定を行い、不良が発生した場合その不良内容・不良データによりあらかじめ登録されている解析手順を自動実行し、原因となる設備又はロットを確定し、確定した原因により新条件を算出して適用したり、設備・ロットの作業を制御（ストップ）する手段を有していることが記載されている。

【0006】又、従来技術4には、半導体装置を製造工程に従って所定の加工処理を施す複数の製造装置と、各製造装置と通信回線を介して各製造装置の稼働を集中管理するための中央制御装置と、オペレータによりデータや指示を入力するための端末とで構成され、各製造装置に設定された条件が予め設定した製造基準に適合していない場合、生産のための稼働を許可しない若しくは停止させ、又は、警告し、製造装置の条件の再設定やメンテナンスを促し、不良製品の製造を防止する半導体生産における品質管理システムが記載されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】（1）：従来技術1の半導体装置の品質に関する製造管理システムでは、不良率又は検査結果が不良管理テーブルの管理限界を越えた場合に、その不良率又は検査項目の時間推移を表わすグラフを出したり、不良の最多の原因である不良項目の要因工程の製造条件及び製造実績と不良率の時間推移及び相関を表わすグラフを出力するのみのため、不良が発生した場合や管理値を越えた場合に最初の一時的な解析を人手で行う必要はなくなっている。

【0008】しかし、半導体製品を製造するための製造設備の条件或いはパラメータの制御は多変数制御系であるため、単に要因工程の製造条件或いはそのパラメータ及び製造実績と不良率の時間推移及び相関を表わすグラフを出力しても、その不良原因を確定出来ない場合が多く、プロセスの安定化には時間を要しているという問題がある。

【0009】（2）：従来技術2では、所望の製造工程における検査データに基づく製品の品質や特性についての異常の有無や、前記製造工程に関係付けられた所望の製造装置における作業データに基づく製造装置についての異常の有無を評価して、不良原因を効率良く究明したりその不良原因に対する対策を効率良く行うことができるようにして、製品の品質や特性のバラツキを圧縮している。

【0010】また、大量不良の発生を防止し歩留まり向上を実現するため、製造ラインにおける所望の製造工程と所望の製造設備とについて相互に関係付けして各々に

における管理基準データを準備し、前記所望の製造工程における製品検査データ及び所望の製造設備における作業データを収集し、この収集された所望の製造工程における製品検査データを、前記関係付けして準備された所望の製造工程における管理基準データと比較することによって製品の品質または特性についての異常の有無を評価し、前記収集された所望の製造設備における作業データを、前記関係付けして準備された所望の製造設備における管理基準データとを比較することによって製造設備についての異常の有無を評価し、各々の評価において異常と評価された場合に警告する生産管理システムにて対処している。

【0011】更に、前記製造工程に設置された所望の製造設備における製造条件及び製造ラインの所望の製造工程における製品の品質や特性の検査仕様を準備する製造条件管理用計算手段と、前記所望の製造設備において行われた作業結果を収集する設備作業来歴管理用計算手段と、前記製造ラインの所望の製造工程における製品の品質や特性を検査装置により検査した検査結果を収集する検査結果管理用計算手段と、前記設備作業来歴管理用計算手段で収集された所望の製造設備における作業結果を前記製造条件管理用計算手段で準備された所望の製造設備における製造条件と比較して設備異常の有無を評価し、前記検査結果管理用計算手段で収集された所望の製造工程における製品の品質や特性の検査結果と前記製造条件管理用計算手段で準備された所望の製造工程における製品の品質や特性の検査仕様とを比較して製品の品質や特性の異常の有無を評価する生産／品質監視用計算手段にて構成して対処する方式であった。

【0012】しかし、前記種々の計算手段と総合的に融合しているシステムでも、その管理基準が予め設定されている管理基準データとの比較によって構成してあるため、そのデータの設定の善し悪しにより、その判定・警告内容が左右される問題がある。

【0013】これらの管理基準データの内、特に品質とプロセスの安定化の基準データである製造条件は非常に重要であるが、下記の問題点が多く発生する。

【0014】即ち、前記製造装置の処理動作を制御するために設定パラメータの条件出しを行い、以後この設定条件を基準として製造を進めていく。この時、前記パラメータは、一般的には、前記製造装置が同一機種であっても個体差があるので、各製造装置単位で設定されている。しかし、製品を製造するに従い、部品の磨耗や劣化や消耗或いは汚れによって前記パラメータの状態が変化しており、当初に設定した値と相違し、その許容範囲から外れるようになって行く。従って、かかる場合でも、速やかにその状態を把握して前記パラメータを調整して対応出来れば問題ないが、一般的には、事後処理が多く、その解明や対策に時間を要している。

（3）：従来技術3では、前記所定の製造工程での製造

10

20

30

40

50

条件及び実際の処理で実行した条件を工程毎に管理機器にて収集・蓄積し、検査工程の測定値を含む測定項目毎の測定結果を管理機器にて収集・蓄積し、検査工程の測定項目毎の測定値の良否を判定する規格と判定方法を登録し、検査工程で測定された測定項目毎の測定値を登録されている規格・判定方法に従って判定し、判定の結果不良が発生した場合それを表示し、且つ検査工程で不良が発生した場合自動的に解析を行う解析手順及び解析データを登録する管理機器を具備し、登録された解析手順・解析データに基づいて解析を自動実行し原因の限定を行う手段を具備し、特定設備が原因の場合は原因設備の条件修正による対処の可能性を判断し、可能な場合原因設備で作業する後続ロットの条件を修正する手段を具備し、原因設備の条件修正による対処が不可能な場合は原因設備での作業をストップする手段を具備し、特定ロットが原因の場合は該当ロットの後工程での条件修正による対処の可能性を判断し、可能な場合は該当ロットの後工程の条件を修正する手段を具備し、該当ロットの条件修正での対処が不可能な場合は該当ロットの後工程での作業をストップする手段を有するシステムで対策がなされている。

【0015】しかし、かかるシステムの判定のための指標は、前述の従来技術と同様に、予め設定された製造条件や前記設備からの実績データを基に行われることを基本とし、更に所定フローでその処理を実現しているが、その原因元である前記製造装置のパラメータによって、より積極的な制御・処置を実施していないので、事後処理が多く、その説明や対策に時間を要するという問題がある。

【0016】更に、製品のバラツキを押さえ且つそのプロセスを安定化させて製品の品質や歩留まり向上を図る点で、十分な手法・対策が考慮されていなかった。

【0017】(4)：従来技術4では、製造工程に沿って半導体装置を製造するために、種々の形状・加工を施し稼働するための設定条件と最新の稼働状況を送信する機能を有する複数の製造装置が前記各製造装置に接続され、送出される前記設定条件と最新の稼働状況を伝送する通信回線を具備し、前記半導体装置の構造と前記製造工程に基づき、各製造装置毎に定めた前記設定条件の基準となる製造基準値を予め記憶する基準記憶装置を具備し、全ての前記製造装置に通信回線を介して接続し、前記基準記憶装置に記憶される製造基準値と、前記通信回線を経て送出される前記設定条件及び稼働状況とを比較し、一致する若しくは許容範囲に適合する場合には、該当する製造に生産のための稼働開始・継続を許可し、一致しない若しくは許容範囲に適合しない場合には、該当する製造装置に生産のための稼働開始を不許可、稼働中の停止もしくは、警告のいずれかを行いつつ、前記製造装置の設定条件の再設定やメンテナンスを指示する中央制御装置を具備し、所望のデータ若しくは指示を前記中

央制御装置に入力するための入力装置とで構成されるシステムで対処している。

【0018】しかし、かかるシステムでも、前述の従来技術と同様に、その判定のための指標は、予め設定された判定基準値と前記製造装置の設定条件を基本として、所定フローでその処理を実現しているが、その原因元である前記製造装置のパラメータによって、より積極的な制御・処置を実施していないので、事後処理が多く、その説明や対策に時間を要するという問題がある。

【0019】更に、前記従来技術3と同様に、製品のバラツキを押さえ且つそのプロセスを安定化させて製品の品質や歩留まり向上を図る点で、十分な手法・対策が考慮されていなかった。

【0020】かかる上述の従来の技術においては、その製品の品質の向上やプロセス安定化に関して、何れも、予め設定した判定基準や製造パラメータや製造条件を基に、種々の情報の活用と他システムの連結を図り、更にそのシステムの運用にて未然に不良を防止して品質の向上と歩留まり向上を実現する手法・システムであった。

【0021】しかし、本来のプロセスの安定化と製品の品質の安定化との観点では、その製品の品質の安定化を左右するプロセスパラメータの要因を見極めて、その要因の目標値に対する寄与度を評価した後、その最適な要因の条件を前記製造装置にフィードバックして、根本的な対策を実施した方がより恒久的な品質の向上やプロセスの安定化となり得る。

【0022】このため、本発明の目的は、前記製造装置のプロセスパラメータは多変数であるが、単にプロセス条件の時間推移や不良実績の時間推移及び前記パラメータと実績との相関を示し、所定の判定基準との比較によってするものではなく、前記製造装置の多変数のプロセスパラメータとその結果(出力)である検査から、前記製造装置を多変数のパラメータで同定した後、前記プロセスパラメータ間でのバラツキに寄与するパラメータと目標値に合致させるパラメータとを分離して、各パラメータを自動的に調整する手法にて、前記課題を解決することである。

【0023】

【課題を解決するための手段】本発明では、かかる問題点を鑑みて、より恒久的な処置を実現できる手法とその構成を示すものである。

【0024】(1) システムのハード構成

上記課題を達成するために、本システムでは予め定められた工程に従い半導体製品を製造するための設備であって、かつ種々の情報を送信する機能を有する製造装置と、前記各製造装置の製作条件やその管理値等を記憶する製造条件管理機器と、製造ラインの生産計画・進捗を管理する生産管理機器と、前記各製造装置により製作された製品の計測結果を収集し記憶する検査管理機器とをネットワークで接続し、前記各製造装置からの処理したデ

ータ（プロセスパラメータの実績値）を収集するサーバを前記ネットワーク上に具備し、前記サーバには前記検査管理機器に収集されたデータを前記製造装置や品種に該当する所望のデータを抽出し、且つ前記製造装置からのプロセスパラメータの実績データとを結合する計算手段 11 を具備し、前記製造装置からのプロセスパラメータの実績データは前記サーバで直接収集するか、或いは前記製造装置と前記サーバ間に前記設備単位で所定の動作制御を行うコントローラを介して収集し、前記サーバ内の計算手段 11 によって収集・結合された前記製造装置からのプロセスパラメータの実績データと検査結果のデータから、前記製造装置のプロセスパラメータの実績データと検査結果との因果関係を求める計算手段 12 を具備し、更に前記計算手段 13 で計算された因果関係から、前記製造装置の推定される結果を前記検査結果の実績データに比して、バラツキを圧縮しかつ所望の目標値（平均値）を達成するために前記プロセスパラメータを調整し、更にその設定範囲又は許容範囲値を調整する計算手段 14 を具備し、更に、前記ネットワーク上には、前記製造装置の近傍に端末機器を配設して接続し、前記計算手段 14 にて計算された所定のプロセスパラメータと前記製造装置から収集される実績データと検査結果や他の着工実績の履歴等を前記端末機器に表示する構成とした。

$$y = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \dots + \beta_p * X_p \quad \dots (1)$$

で表現され、 $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ は係数である。係数 β_1 は他の変数 (x_2) の影響を取除いた目的変数 y と変数 X_1 との単回帰式の係数に等しく、式 (1) の如く、一次式（一般には重回帰式）で表現する。

【0032】上式 (1) において、算出された各係数 $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ を下記に示すカルマンフィルタの初期値として与える。

【0033】(2)：プロセスパラメータと検査結果の関係を多変数形の線形式にて近似し、その係数を算出し

$$y_k(t) = \sum h_k(t) * u(t-1) + v(t) \quad \dots (2)$$

ここで、 $t=0, 1, 2, 3, \dots$

$u(t)$ は時刻 t の代表点のプロセスパラメータであり、 $y_k(t)$ はその出力値である。またそれらのデータ数は既知である。

【0036】又、 $v(t)$ は平均値=0 で分散 σ^2 の定

$$\begin{aligned} \hat{y}(t) &= H(t) * \hat{X}(t) \\ &= \sum \hat{h}(i) * u(t-i) \end{aligned} \quad \dots (3)$$

となる。

【0038】かかる式より、現時点までの出力値 $\{u(t-n), \dots, u(t-1)\}$ から 1 ステップ先の出力 $\{\hat{y}(t)\}$ が予測できる。

【0039】(2-3)：前記計算手段 12 によって、前記製造装置のプロセスデータとその出力である検査結果との因果関係が明確化した。このため前記計算手段 13 では、前記出力のバラツキや所定の目標値（平均値）

【0025】以上の構成において具備される計算手段の機能を示す。

【0026】(2) 以上の構成において具備される計算手段の機能を示す。

【0027】(2-1) 前記計算手段 11, 12 により、前記各製造装置の処理したプロセスパラメータの実績データとその出力値である検査結果とが、設備単位毎に所望の工程毎或いは品種毎に収集される。

【0028】この時、これらの収集されたデータは一般的な統計手法によって、前記製造条件やその判定値と比較し、もしその値が許容差以外或いは判定値以上であるならば、前記端末機器に警告或いはプロセス異常の旨を開示・公開する。

【0029】(2-2) 前記計算手段 11 から収集・編集されたデータを基に計算手段 12 により、前記所望の設備単位で、その動作状態を作成する。この作成法の手順を以下に示す。

【0030】(D)：プロセスパラメータと検査結果の関係を多変数形の線形式にて近似し、その係数を算出する。

【0031】即ち、前記製造設備からの出力 (y = 検査結果) はプロセスのパラメータと処理内の動作状況のプロセスパラメータの変数 (x_1, x_2, \dots, x_p) により関係付けられ、前記プロセスパラメータから

た結果と、カルマンフィルタによって、前記製造設備の状態報告であるプロセスパラメータとその結果である膜厚みや寸法等の出力値との関係を求める。

【0034】前記製造装置のプロセスデータの実績値と他の誤差因子条件と、前記設備の出力である膜厚みや寸法との因果関係を求めるため、Duhamel 形の単位図法にて、その動作状態を推定する。

【0035】即ち、その出力を y_k とすると

常なガウス雑音としている。

【0037】この時、式 (2) において、単位図 $\{h_k(t)\}$ を求め、式 (2) からその出力を推定する。最終的に、その出力値の推定値 $\hat{y}(t)$ は

に前記プロセスパラメータを調整し、その許容差を求める。即ち、前記 $\hat{h}(t)$ とプロセスパラメータのデータである $u(t-i)$ の係数から、その出力 (y_k) のバラツキを低減し、且つその目標値（平均値）に合わせることのできるプロセスパラメータを以下に示す手順にて算出する。

【0040】(1)：プロセスデータとその出力値データから、周知の統計手法にて、各パラメータ毎の平均値

や標準偏差や分布の歪み等を算出する。

【0041】(2)：次に、プロセスパラメータの数によって、3水準系のL9、L18、L27、L36の直交表や、或いは2水準系のL4、L8、L12、L16、L32の直交表や或いはそれらの混合系の直交表のいずれかの一つの直交表を選択し、各パラメータを割付けを自動で行う。

【0042】(3)：次に、直交表の配列に従って、タグチメソッドの手法の評価指標であるSN比と感度とを、各パラメータの水準毎に算出する。

【0043】(4)：次に、直交表の配列に従い、前記SN比と感度について分散分析を行い、各パラメータ間の寄与度の順位付けを行う。

【0044】この時点で、前記出力のばらつきに対する寄与率の大きいパラメータが算出され、且つ目標値を操作できるパラメータとが分離される。

【0045】(5)：次に、前記SN比のみに寄与するパラメータを調整し、所定の工程能力を実現できるパラメータの平均値を算出する。また、感度に対しても、目標値を達成できる感度となるように、パラメータを調整する。この時、前記SN比調整に適用したパラメータと前記感度の調整に適用したパラメータは交錯しないようにする。万一、交錯した場合は、再度そのパラメータ間の影響度を算出し、同様な計算を行う。

【0046】かかる時点で、出力をより安定化できるパラメータの平均値と目標値により近接するパラメータの平均値が決定される。

【0047】(6)：次に、前記(5)項の各パラメータの許容範囲を求める。この範囲は前記(1)項で算出された各値と、前記(2)～(5)項によって計算された値とを比較しながら、その範囲が決定できる。一般的には、前記(1)項で設定される管理値と同等か、あるいはその管理値が緩和される傾向になるように計算できる。

【0048】(7)：次に、前記(5)、(6)項の結果は、前記製造装置のプロセスパラメータの設定値にフィードバックされる。

【0049】かかる時点で、前記製造装置からの膜厚や寸法の工程能力が増加し、品質の安定化が達成できる。

【0050】(8)：前記製造装置から、収集・蓄積されるプロセスパラメータやその検査結果のデータから、前記製造装置の“正常時の固有の基準空間”を作成する。この基準空間は前記製造装置の“正常動作時の基準空間”の統計量であるマハラノビスの距離(D^2)で定義される。このマハラノビスの距離は、前記製造装置のプロセスパラメータやその検査結果の数のみで決定される2次元行列であり、使用されたデータの数に対応して、その距離が計算される。その平均値は“約1”で、その標準偏差は σ である。次に、前記データ群で観測される期待値以外の値(統計では 3σ 以上)を設定し、同様

に、マハラノビスの距離(D^2_{INT})を求める。この値を前記“正常動作時の基準空間”からの“最低隔離距離”とし、この値(D^2_{INT})と逐次収集される前記プロセスパラメータと検査結果から計算されるマハラノビスの距離(D^2_i)とを比較し、この値にて、前記製造装置の動作の状態変化を追跡し、監視を行う。

【0051】以上説明したように、本発明によれば、

(1)：前記製造設定条件管理機器内の設定条件や判定基準と、前記計算手段11、12によって前記各製造装置の処理したプロセスパラメータの実績データとその出力値である検査結果とが、設備単位毎に所望の工程毎或いは品種毎に収集され、これらの収集されたデータは一般的な統計手法によって整理・編集されるので、これらの値を逐次前記製造条件やその判定値と比較でき、且つその結果を前記端末機器に開示するので、前記製造装置のパラメータ毎の状態変化とその時の検査結果とを容易に監視できる。

【0052】このため、もしこれらの値が前記製造条件やその判定値の管理値以内ならば作業者はその作業を継続して行い(着工)、一方これらの値が許容差以外或いは判定値以上であるならば、作業者は前記製造装置の着工を許可しないで、その原因究明や別の製造装置で作業を行う段取りをするので、不良を未然に防止することが出来、その歩留まりが向上すると共に、生産効率が向上する。

【0053】(2)：前記半導体製品を製造するための製造設備の条件或いはパラメータの制御は多変数制御系であったが前記計算手段13によって、前記製造装置のプロセスパラメータとその製作条件で実施した出力値(検査結果)との因果関係が明確になった。

【0054】このため、前記製造装置の処理動作を制御するための設定パラメータの調整やその調整した効果等を自動的に予測できるため、人手で行う必要がなくなる。

【0055】更に、もし管理値を外れた場合にも、前記製造装置を停止し実機による検証を実施しないで、計算にてその原因追求を行うことが可能である。従って、省力化が達成できる。

【0056】(3)：前記計算手段13の結果より前記製造装置のプロセスパラメータとその出力との因果関係が明確化されているので、その結果を基に前記計算手段14にて、これらのパラメータの調整を計算機上で行うことができる。即ち、前記プロセスパラメータにおいて、前記出力(検査結果)のバラツキを圧縮できるパラメータと所定の目標値に合わせこむプロセスパラメータとが区分され、これらのパラメータを調整して、よりバラツキが少なくかつ目標値に合わせ込み、最終的にこれらの許容範囲を算出する。かかるこれらの値は、前記製造装置で製作する膜厚、寸法等の結果の品質の向上できるパラメータであり、且つ現状の過剰な基準管理値を緩

和するパラメータとなっているので、より一層の品質向上とその管理工数を低減できる。

【0057】(4)：前記計算手段11～14は一連のシーケンスに実施され、これらに提供されるデータ群は、前記各製造設備から所定の品種や工程に該当する設備毎に処理された実績データであり、且つその検査結果も実績データである。従って、前記製造装置の個体差を吸収できる。更に、前記設備にて製品を製造するに従い、部品の磨耗や劣化や消耗或いは汚れによって前記パラメータの状態が変化するが、着工が完了した時点で上記一連の動作を逐次、或いは所定の間隔で実行することで、それらの影響も含んでプロセスパラメータの調整が可能である。

【0058】従って、最終的に本プロセスパラメータを前記製造設備に逐次或いは所定の間隔で、フィードバックを行い、その品質を向上することができ、プロセスが安定化し、歩留まりが向上する。また、前記製造条件管理機器にその実績を公開することで、前記製造設備の製造上の来歴管理も可能である。

【0059】(5) 前記製造装置が何らかの要因により異常、或いはその動作が変化を示した場合に、その兆候を前記製造装置から収集されたプロセスパラメータとその検査結果からのデータにより、前記製造装置の多次元の固有モード（基準空間）を決定でき、この当初の固有モードの基準空間のマハラノビスの距離と、連続的に収集・蓄積されるデータから形成されるマハラノビスの距離とが、連続的に追跡・監視されるので、前記製造装置に何らかの変化がある場合にその状態変化を確実に、より総合的に捕らえることができる。

【0060】この手法は、従来の単一の情報（判定値や管理値）を基に、その状態変化を判断する方法に比して、前記製造装置の異常、或いは劣化の兆候の原因或いはその要因を含んで構成される基準空間を使用しているので、より総合的に前記製造装置の状態変化を確実に捕らえることができ、汎用性に富み、より総合的に製造装置の動作の状態変化を監視することができる。

【0061】

【発明の実施の形態】以下、本発明の品質向上を目的とする設備自動運転支援システムについて図を用いて説明する。

【0062】図1は本発明の一実施例を示すシステム構成図である。

【0063】図1において、本発明の設備自動運転支援システムは、工程管理サーバ1、製造条件サーバ2、処理実績サーバ3、検査データサーバ4、コントローラ5、端末機器6、複数台の製造装置7a、…、7n、検査装置8、インターフェイス10から構成される。

【0064】工程管理サーバ1と製造条件サーバ2は主に生産の進捗や製作条件を管理する仕様や種々の情報が格納されている。工程管理サーバ1は、製作する品種や

ロット番号及びその仕掛け、完成処理結果等を格納し、生産の進捗状況（動態管理）を管理する。製造条件サーバ2は、製作する品種における該当設備名やその製作条件が予め設定されており、一元管理している。

【0065】さらに、これらの管理機器には、品質を確保し、さらには製作品のトレーサビリティを確保し、プロセスの品質と製品品質を一元管理する検査データサーバ4が、LAN11上で連結している。

【0066】このLAN上には、更にコントローラ5と端末機器6が接続され、工程管理サーバ1と製造条件サーバ2から生産情報と製造条件情報を取得している。コントローラ5には、製造装置7（7a、…、7n）が複数接続され、コントローラ5は、各製造装置からそれぞれの稼働情報や製作状況、処理実績等を収集し、自動運転制御を実行する。コントローラ5と製造装置7間の通信インターフェイス及び製造装置7に要求される電文は、一般にはSEMI/SECSI, II, GEM仕様に準拠し、通信確立を実現し、コントローラ5からの指示で自動運転を可能にしている。またコントローラ5には、製造装置7と後述する端末機器6から作業を行う作業員間のインターフェイスを実現するために、簡易のインターフェイス10が接続されている。

【0067】LAN11上には、上記各機器の情報と設備情報を作業者に開示、表示するために端末機器6が接続されている。このため、作業員は実施した指示項目や作業内容や装置の処理内容及びアラーム等を確認しながら作業できる。

【0068】かかる構成における動作を図に基づいて説明する。

【0069】加工する材料（ウェハ）には、それぞれ固有の管理ID又は管理コードが付加され、生産管理機器である前記工程管理サーバ1内に格納された生産スケジュールに従って、該当するプロセス、前記該当製造装置群が存在する所定の格納場所（例えばnストッカー等）に一時的に払い出される。

【0070】作業員は、前記nストッカーに払い出されている材料を確認し、生産スケジュールに従って、nストッカーから処理する所定の材料をライン内に出庫する。作業員は払い出した材料を該当設備まで搬送し、製造装置7のロード部近傍に設けられている作業台（テーブル等）に一時的にセットする。

【0071】次に、一般には、作業員は製造装置7のロード部に設置する前に、再度材料のIDまたは管理コードと所定の製造条件を確認し、更には製造装置の稼働、不稼働情報を確認してローディングしなければならない。何故なら、製造装置7の誤操作による不良防止や、製品の品質維持には必要不可欠な確認事項であり、管理項目であるためである。この時、本発明では、コントローラ5は製造装置7やインターフェイス10等の制御機器より発生するイベントによって、動作を開始するよう

にしている。このため、前記コントローラ 5 は待機の状態にあり、アイドル状態となっている。

【0072】次に、作業者が材料をテーブルにセットした時点で、作業者が材料を作業台に具備されているインターフェイス 10 の簡易の操作機能部(例えば押しボタン等)を操作することにより、そのイベント信号にて、コントローラ 5 に読み込み開始の指示を与える。この時点でコントローラ 5 はインターフェイス 10 に材料の管理 ID や管理コードを読み込む。

【0073】次に、コントローラ 5 は、工程管理サーバ 1 に材料の管理 ID や管理コードの間合せを行い、製造条件サーバ 2 にも問い合わせを行い、前記材料の合理性(品種や装置コード、枚数、製作処理番号等の製作条件)をチェックする。

【0074】この時、整合している場合は、この内容を端末機器 6 に開示し、作業者は着工する材料の工程管理情報と製作条件との整合性を確認出来た時点で、製造設備 7 に材料をローディングする。

【0075】次に、コントローラ 5 はこの時点で、製造条件サーバ 2 から、その製作条件を読み込み、所定の製造装置 7 に、その処理内容をダウンロードし、所定の製造装置 7 を自動運転する指示を出す。

【0076】かかる時点で製造装置 7 は支給された材料を前記製作条件(圧力条件、温度条件、時間条件、ターゲット材料条件、…等)に基づいて処理を開始する。

【0077】次に、所定の処理が終了した時点で、所定の製造装置 7 は終了報告を前記コントローラ 5 に報告する。この時点で前記コントローラ 5 は、製作条件の実績結果を前記所定の製造設備 7 から収集し、収集が完了した時点でそのデータをネットワーク 11 を介して処理実績サーバ 3 にて収集される。これらの収集されたデータは端末機器 6 に送信され、その表示手段 6 c に時系列に表示される。

【0078】次に、コントローラ 5 は、製作条件の実績報告に加えて、工程管理サーバ 1 にも実績報告(着工実績報告)を行い、更には材料に付随している管理 ID や管理コード(材料と一緒に製造装置 7 の処理室まで付随しない)に対しても、インターフェイス 10 を経由してその内容の更新を実施する。

【0079】次に、コントローラ 5 は、かかるシーケンスが終了した時点で、内部のシーケンスの合理性を確認し、確認後、所定の製造装置 7 内にある材料をアンロードする指示を行う。この時の状態変化は、前述と同様に、端末機器 6 に送信され、その表示手段 6 c に、時系列に表示される。

【0080】この時、処理実績サーバ 3 においては、前記所望の工程と品種と製造装置で関係付けられたその検査結果を蓄積したデータを検査データサーバ 4 から収集し、製造装置 7 から収集されたプロセスの処理実績データと後述するフォーマット例にて検査結果と融合され

る。この製造装置からのプロセスの処理実績データと検査結果を基に、後述する計算手段によって前記製造装置 7 の最適なプロセスパラメータとその許容値が計算される。

【0081】この計算された各値によりコントローラ 5 は、製造装置 7 にその設定パラメータをフィードバックすることで、次の着工ロットに反映するので、そのプロセスが安定化し、品質が向上するようになる。

【0082】最後にコントローラ 5 は、待機状態(アイドル状態)に戻り、次の着工に備える。

【0083】以上の説明は前記所定の製造装置 7 のみを対象に行っているが、図 1 に示すように、コントローラ 5 には、数台或いは半導体工程のプロセス毎に区分された装置群を扱えるようになっており、接続される装置毎にかかる動作を実現している。又、前述の合理性のチェックにおいて、整合が取れない場合にも、その結果と内容が端末機器 6 に表示される。

【0084】更に、端末機器 6 の入力手段 6 a によって、所定のガイダンスに従い、逐次処理実績サーバ 3 に収集されたデータを、作業者は容易に確認することができる。従って、作業者は逐次指示されている工程や着工枚数等を確認しながら実施でき、更に製造装置 7 を自動運転でき、その処理した内容をも前記端末機器 6 にて確認しながらその作業を実施できる。このため、作業者のミスによる不良を大幅に低減できると共に作業者の負担を大幅に低減でき、省力化が向上している。

【0085】図 2 は、かかる状態変化時のデータフローの観点でその内容を詳細に示した図である。

【0086】図 2 において、記号①部を説明をする。

【0087】ここでまず先に、図 3 により、処理実績サーバ 3 と検査データサーバ 4 の構成を説明しておく。コントローラ 5 の内部構造は、メッセージキュー 180、及び副記録媒体 190 により構成され、前記処理実績サーバ 3 の内部構造は、メッセージキュー 200、主記録媒体 210、及び副記録媒体 220 により構成される。

【0088】製造装置 7 より送信された処理実績データ A0 は、一時的にコントローラ 5 のメッセージキュー 180 に格納され、LAN 11 が正常であれば、信号 A90 にて、処理実績サーバ 3 のメッセージキュー 200 へと送信される(図 2 の①-2)。上記送信データは、主記録媒体 210 が端末機器 6 によって排他ブロックされていない場合は、信号 A100 にて、主記録媒体 210 に送信され、処理実績サーバ 3 に収集されたこととなる。コントローラ 5 と処理実績サーバ 3 との間にネットワーク障害が発生した場合は、そのデータは、信号 A110 にて、一時的にメッセージキュー 180 から副記録媒体 190 へと送信され(図 2 の①-1)、ネットワーク復旧時まで保管される。ネットワーク復旧時には、信号 A120 にて、そのデータは自動的に処理実績サーバ 3 に回収・保管される(図 2 の①-2)。また、処理実績サーバ

3の主記録媒体210が排他ブロックされている場合は、信号A130にて、前述のネットワーク障害時と同様に、そのデータは一時的にメッセージキュー200から副記録媒体220へと送信され、排他アンブロック時まで保管される。排他アンブロック時には、信号A140にて、そのデータは自動的に主記録媒体210に回収・保管される。

【0089】一方、検査データサーバ4の内部構造は、メッセージキュー230、及び副記録媒体240により構成される。正常時には、信号A150により、コントローラのメッセージキュー230より、検査データサーバ4のメッセージキュー200に対してリアルタイムにデータを送信し、ネットワーク異常時には、信号A160にて、そのデータは検査データサーバ4に代わって、副記録媒体240にてデータを蓄積する。異常復旧時には、信号A170にて、蓄積されたデータを検査データサーバ4に自動的に回収・保管する。

【0090】また、検査データサーバ4の主記録媒体250が排他ブロックされている場合は、信号A130にて、前述のネットワーク障害時と同様に、そのデータは一時的にメッセージキュー200から副記録媒体260へと送信され、排他アンブロック時まで保管される。排他アンブロック時には、信号A140にて、そのデータは自動的に主記録媒体250に回収・保管される。

【0091】かかる構成により、収集されるデータは信頼性が高く、且つネットワークや機器の異常時にも欠損することがないので、生産管理と製造設備の管理、維持に十分に貢献できる。

【0092】次に図2において、記号②部の説明をする。

【0093】前述の製造装置7で処理された材料は、その品質の確認と維持を目的として、検査装置8(図1)に搬送され、即検査が実施される。この検査結果は検査データ収集サーバ4に、収集される(②-1)。この時、本システムでは、検査結果が収集された時点で、処理実績サーバ3に信号A60にて品質に関連したデータ、例えば寸法や膜厚値、異物の頻度等のみを抽出して収集する(②-2)。すなわち、処理実績サーバ3では、大量の製造装置7の種々のデータを収集するので、その負荷を最小化し、さらにはリアルタイム性を確保する必要があるので、検査データ収集サーバ4との接続はLAN11を介するリモートプロシージャコール(RPC)とし、検査データ収集サーバ4の内部に、その収集された時点で検査データを送出するミドルウェアをインストールして対処しており、これによってRPCは意識しなくても良いようになっている。

【0094】次に図2において、記号③部の説明をする。

【0095】前記各①と②の収集されたデータは処理実績サーバ3内で、工程管理サーバ1によって、図4に示

すフォーマットにて編集され、蓄積される(図1の計算手段111)。

【0096】図4は、処理実績サーバ3の情報データベースの構成例であって、二次元の“表”の形式をとっている。前記各製造装置7の処理作業において、各設備と各工程と各品種毎に“行”として登録し、この“行”を各設備と各工程と各品種、ロット毎に処理実績順に並べてデータベースとして構成される。一方、前記“行”情報は、“設備名称”、“工程名称”、“品種”、“ロットNo名称”、“処理条件名称”、“着工枚数”等の生産管理上必要な共通項目A、Bと、前記項目が実施された“開始日時”と“終了日時”、“完成枚数”の処理実績データCと、前記各製造装置7毎の処理条件の処理実績データD、Eと、前記検査項目の膜厚や異物頻度の検査実績データFからなり、各々の内容が“表”における“列”に対応して登録されている。前記フォーマットに構成されている情報データベースは、前記製造装置7の自動運転作業時、即ち、本システムの前記製造装置7の動作に先だって予め前記処理実績サーバ3に設定されているものである。前記端末機器6の表示手段6aは前記情報データベースから実績項目情報、即ち、“行”を順次読み出し、各フィールド毎に必要な情報を分配し表示する。前記各“行”の情報の内、“開始日時”と“終了日時”、“完成枚数”、処理実績データDと検査実績データE、Fは、前記表示手段6cに出力して表示されると共に、計算手段16bによって、そのデータを加工して前記表示手段6cにてその結果を表示する。

【0097】作業員は、作業開始前に前記製造装置7を離れることなく、前記表示手段6cに表示された情報に従って作業を実施し、また前回の作業結果や今回の作業の内容と結果をも同時に入手可能である。又、作業員は前記の表示手段6cに表示された情報に従って作業を実施し、作業の結果、何等かの作業コメントを残したい場合には、端末機器6の入力手段6aを介して入力し、前記フォーマットの“パラメータやデータ”列にその情報を保持、蓄積することもできる。

【0098】入力手段6aは、入力された情報を“列”に割り付けて1“行”のデータを前記情報データベースに出力する。処理実績サーバ3は二次元の“表”の形式を取っており、入力手段6aから入力された1“行”のデータを追加登録し、データベースを構築する。

【0099】以上述べた一連の動作は着工の度に一連のサイクルとし、処理実績サーバ3に予め設定された項目情報である“行”の順序に従って、最後の“行”まで、各構成機器のイベントが発生する度に、順次繰り返され、構築されて行く。

【0100】上記構成によれば、現場において、処理データの換算処理等を必要とする管理項目には、予め、そのための計算式等を端末機器6の計算手段16bに設定しておくことで、作業の度に採取したデータの管理を現

場で実施し、結果を知ることができる。現場での具体的な加工計算処理例としては、例えば品種毎のX-R管理図、ヒストグラム、各装置毎の処理条件の管理図、品種別着工率、稼働時間、累積枚数等を計算し、表示することである。

【0101】図5は、前記加工計算処理例で特に品質関係の出力を実施した例を示したものである。製造段階で品質管理のために実施されるX-R管理図、ヒストグラム、散布図と相関図であり、これらの品質管理のための管理図は処理実績サーバ3の前記“行”と“列”の情報より、各製造設備7からの品種、ロット毎の処理実績データと検査データとを計算手段16bにて処理した結果を表示している。このため、例えば、X-R管理図において、ある所定の品種を着工するにあたり、前回実施した結果の該当設備の実績状態とその検査結果の状態を、リアルタイムで確認出来るので、作業員自身がその品質を確認できる。従って、不良を作りこむ要因が低減できる。

【0102】以上、本発明によるシステム構成によれば、作業員の製造装置の操作ミスや着工指示ミスや判断ミスによる製品の不良発生率が低減でき、製品の歩留まりが向上する。

【0103】又、コントローラ5が、材料（ウェハ）を収納しているカセットケース等に付いているIDをマシンインターフェイス10の簡易操作部で取り込み、そのIDを認識した後、その認識情報を元にIDの進捗管理や製造条件管理、作業指示管理する上位の生産管理システムに問い合わせを行い、適切なレシピを決定してそのレシピで製造装置に自動的に着工を指示し、完了後も上位の生産管理システムには着工した実績を自動報告するので、着工ミスや製造装置7の誤操作や判断ミスによる不良防止を達成でき、製品の歩留まりが向上する。

【0104】また、製品の品質検査と工程の品質管理をリアルタイムで作業員並びに関連スタッフにもその結果を表示あるいは監視できるので、また上位からの保全指示の指令に対しても製造設備に反映できるので、不良発生頻度を低減できると共に迅速な対応が可能であり、生産効率が向上する。

【0105】一方、一般の生産工程において、工程を調整するためにその工程が作り出す製品の品質特性を計測、監視して、目標値との差がある程度大きい時、工程条件を調整して正常状態に復帰させ、或いはそうでない時は生産をそのまま続行するフィードバック制御による工程の調整・管理方法が有るが、かかるシステムは工程が自動制御されている場合又は、工程の制御が自動化されていない場合でも適用可能である。

【0106】又、工程条件が変化し、その条件が製品の品質に影響する時、例えば製造装置7の処理室内の温度、圧力等が製品品質に影響する時、それをどのようにして自動的に判断し、どのように製造装置7の自動運転

に反映するかが課題であった。また、生産工程に何等かの異常が発生して工程が異常になったかどうかを、その工程が作り出した品物の計量値が得られない場合は、その品質特性値を調べて、その工程管理を実現しなければならない。

【0107】以下、その方法を説明する。

【0108】図2において、前記①、②によって収集されたデータは、工程管理サーバ1によって、各製造装置7の処理したプロセスパラメータの実績データとその出力値である検査結果とが、設備単位毎に所望の工程毎或いは品種毎に収集され、前記図4のフォーマット60に編集される。

【0109】この時、これらの収集されたデータは一般的な統計手法によって編集され、その状態変化を示す指標となっている。これらの実績値と、製造条件サーバ2内の製造条件の各パラメータの規格値や判定値（⑤-1）と比較し（図中④部）、もしその値が許容差以外或いは判定値以上であるならば、端末機器6に警告或いはプロセス異常の旨を開示・公開する（⑤-3）。

【0110】又、同時に前述の如く、端末機器6の計算手段16bにて、より可視化した管理図やトレンドグラフを作成し、表示手段6cにて作業員に公開、警告（⑤-2）を行う。

【0111】一方、前記工程管理サーバ1によって収集・結合された製造装置からのプロセスパラメータの実績データと検査結果のデータから、製造装置7のプロセスパラメータの実績データと検査結果との因果関係を求め（計算手段12）、前記製造装置の推定される結果を前記検査結果の実績データに比して、バラツキを圧縮しかつ所望の目標値（平均値）を達成するために前記プロセスパラメータを調整し、更にその設定範囲又は許容範囲値を調整し（計算手段13、14）、前記各パラメータの許容範囲を求め、もしその値が前記工程管理サーバ1にて計算された実績の工程能力以上であるならばこの値を、プロセスパラメータの設定値にフィードバックする。そうでない場合には、監視を継続する（⑥）。

【0112】図6は、製造装置7のプロセスパラメータとその出力値である検査結果との因果関係を説明するための図である。

【0113】製造装置7のプロセスパラメータ71は、検査結果（寸法や膜厚等）81を所定の目標特性（平均値）を自由に決めることのできる変数である。一方、前記出力にはバラツキが生じ、前記目標値に付加される。図中72に示すように、かかる因子はノイズであり、環境条件の変化、劣化、或いは製品の部品間のバラツキでもあり、出力の安定性を左右するものである。又、図中の製造仕様のうち、前記出力を理想的な直線的变化を実現するパラメータがあり、このパラメータは製造装置の入力信号となっている。

【0114】製造装置7では、プロセスパラメータ71

や入力信号を稼働前に予め求めておき、製造条件サーバ2にその平均値や許容差を登録し、これらの値で以後運転を継続していくが、前述の如く、その出力は前記72のノイズが付加されるので、前記目標値や安定性が変化する。この場合でも、逐次観測されるプロセスパラメータやその出力を逐次解析し、製造条件サーバ2に反映して行けば、所定の目標値を達成できるが、そのための費用が多大になり、製品の製造コストが高くなり得策ではない。

【0115】このため、本発明では、処理実績サーバ3に収集される実績データには、前記ノイズ要因が付加され、その影響がプロセスパラメータ71も反映されているものとして、収集される実績データ（観測値）とその出力から前記製造装置の因果関係を求める方法としている。さらに、このプロセスパラメータ71は恒久的ではなく、逐次設備の稼働状況に対応して更新していくことで、製造設備7の稼働期間をより長くするための手段にも成り得るからである。

【0116】図7は、所定の製造装置7とその検査結果から収集・蓄積されたデータから、プロセスパラメータとその検査結果との因果関係を求め、プロセスパラメータを調整し、最適なパラメータ値を求めるフローを示した図であり、図中、計算手段11については前述の如く、図2で説明済みであり、その説明は割愛する。

【0117】計算手段12では、前記p個のプロセスパラメータとその出力yの関係を求める。

【0118】即ち、収集・蓄積されたn個の実績データ（ x_{11}, \dots, x_{np} ）とその出力（ y_1, \dots, y_n ）から次式の観測方程式をたてる。

$$y_1 = \beta_0 + \beta_1 * x_{11} + \beta_2 * x_{12} + \dots + \beta_p * x_{1p} + \varepsilon_1 \quad 30$$

.....

$$y_n = \beta_0 + \beta_1 * x_{n1} + \beta_2 * x_{n2} + \dots + \beta_p * x_{np} + \varepsilon_n$$

ここで、 β_0 は定数項であり、 β_i （ $i=1, 2, \dots, p$ ）は偏回帰係数であり、 ε は残差である。

【0120】かかる観測方程式の未知パラメータ β_i の最小自乗推定値を求めると、

$$Y^{\wedge} = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \dots + \beta_p * X_p \quad 40$$

（ X_i は実測データ）

$$X(t+1) = X(t) \quad \dots (1a)$$

$$y(t) = H(t) * X(t) + v(t) \quad \dots (1b)$$

$$X(t) = \{h_1, h_2, \dots, h_n\}$$

$$H(t) = \{u(t-1), \dots, u(t-n)\}$$

である。

【0129】かかる式にカルマンフィルターを適用すれば、その出力 $\{y_k(t)\}$ から状態ベクトルXの最小分散推定量である単位応答 $\{h_k(t)\}$ を逐次求めることができる。

【0130】最終的に、その出力値の推定値 $y^{\wedge}(t)$ 50

$e_i = Y^{\wedge} - Y_i$ （ e_i は残差、 Y^{\wedge} は予測値、 Y_i は実測値）となる。

【0121】即ち、上式により、前記プロセスパラメータとその出力との因果関係を表現できるようになり、実績データから前記製造装置の状態変化を同定することができるようになった。

【0122】しかし、前述の如く、製造装置7は、ノイズ因子の影響により、そのプロセスパラメータの実績値も変化して行くので、かかるモデルを恒久的な変数としてしまうにはかなりの危険性がある。即ち、前記定数項である β_0 が、場合によっては大きく変化する可能性があるため、その未来を確度よく追跡・予測するに不十分である。

【0123】従って、本発明では、上式で求めた係数は、以下に示すカルマンフィルターによる同定の計算の初期値として使用している。

【0124】よって次のステップは、カルマンフィルターによって、製造設備7の状態報告であるプロセスパラメータとその結果である膜厚みや寸法等の出力値との因果関係を求めることである。

【0125】製造装置7のプロセスデータの実績値と他のノイズ因子条件と、前記設備の出力である膜厚みや寸法との因果関係を求めるため、Duhamel形の単位図法にて、その動作状態を推定する。

【0126】即ち、その出力を y_k とすると

$$y_k(t) = \sum h_k(t) * u(t-1) + v(t)$$

ここで、 $t=0, 1, 2, 3, \dots$

$u(t)$ は時刻tの代表点のプロセスパラメータであり、 $y_k(t)$ はその出力値である。またそれらのデータ数は既知である。

【0127】又、 $v(t)$ は平均値=0で分散 σ^2 の定常なガウス雑音としている。この時、上式において、単位図 $\{h_k(t)\}$ が得られれば、上式からその出力を推定できる。

【0128】かかる出力予測にカルマンフィルターを適用する場合、上式を下記の状態方程式と観測方程式で表現するようにする。上記 $\{h(t)\}$ を状態ベクトルXとすると

$$X(t+1) = X(t) \quad \dots (1a)$$

$$y(t) = H(t) * X(t) + v(t) \quad \dots (1b)$$

は

$$y^{\wedge}(t) = H(t) * X^{\wedge}(t)$$

$$= \sum h^{\wedge}(i) * u(t-i) \quad \dots (1c)$$

となる。

【0131】カルマンフィルターの計算に当たっては、その初期値の設定が重要である。その設定値によっては

収束しなく、解が求められない場合もある。このため、本発明では、前述の如く、先に示した多変量解析にて求めた係数を使用して、その危険性を削除している。

【0132】かかる式より、現時点までの出力値 $\{u(t-n), \dots, u(t-1)\}$ から1ステップ先の出力 $\{y^*(t)\}$ が予測できる。また、それ以上を予測するには、前記出力値を推定するか或いは仮定することによって達成可能である。

【0133】従って、計算手段12においては、製造装置7の収集されたデータから、各プロセスパラメータの係数を付加されるノイズ因子を考慮して、最適な係数となり未来についてもより確度を高くして予測することができる。

【0134】次に計算手段12の係数を用いて、実際のプロセスパラメータの係数を計算する。

【0135】かかる時点で、従来技術では、前記プロセスパラメータとその出力の因果関係が不明であるため、改めて実験計画を立て直し、そのパラメータを抽出して調整しなければならないが、本発明では、それらのパラメータを自由に計算にて取り扱うことが可能であるため、非常に少ない時間で済み、その経済的な効果は多大である。

【0136】以下その手順を図7に従って、説明する。

【0137】(1)：製造装置7のプロセスパラメータの数(p個)と各パラメータの所望の値(水準値)を設定し、これに該当する直交表を選択し、前記各パラメータの割付けを行う。

【0138】一般的には、前記水準値は2水準で実施する場合と3水準(水準表の例を図10に示す)で実施する場合があるが、本システムでは、3水準をデフォルトとしている。この理由は現状実施している設定値の平均値が第二の水準値とすることによって、他の第一、第三水準を調整する平均値として自由に設定できるためである。この時、計算される回数は本来ならば、 3^p 回の計算を行う必要があるが、その資源には限りがあるため、より少ない回数で計算出来る直交表(図10にL18の例を示す)に従って、その計算を実施することで、リアルタイム性を確保している。

【0139】前述の直交表としては、一般的には、3水準の場合ではL9、L18、L27、L36等があり、2水準の場合ではL4、L8、L12、L16、L32等の直交表があり、予めこれらの直交表が具備されており、前記各製造装置のプロセスパラメータの数に従っ

て、随時選択できるようにしてある。

【0140】かかる手法によると、例えば、そのパラメータの数が13で3水準の場合、本来なら $3^{13}=1,594,323$ 回の実験や計算を行うところを、L27の直交表によれば、27回の実験と計算回数で再現できることを意味し、その効率が多大に向上する。

【0141】(2)：次に、直交表の配列に従って、タグチメソッドの手法の評価指標であるSN比と感度とを、各パラメータの水準毎に算出する(図10に工程平均表の例を示す)。

【0142】(3)：次に、直交表の配列に従い、前記SN比と感度について分散分析を行い、各パラメータ間の寄与度の順位付けを行う(図10に分散分析表の例を示す)。分散分析では、製造される製品の品質特性に関して、前記多数のプロセスパラメータの条件が係わっている場合に、どのパラメータがどの程度係わっているかを効率良く検定・推定するために計画的に実験を行って(実験計画法)収集したデータについて、前記プロセスパラメータ毎のバラツキに分解して、前記プロセスパラメータ間での寄与度やパラメータ間の有意差の検定・推定を行うことができる。

【0143】この時点で、前記出力のばらつきに対する寄与率の大きいパラメータが算出され、且つ目標値を操作できるパラメータとが分離される。

【0144】次に、前記SN比のみに寄与するパラメータを調整し、所定の工程能力を実現できるパラメータの平均値を算出する。

【0145】また、感度に対しても、目標値を達成できる感度となるように、パラメータを調整する。

【0146】この時、前記SN比調整に適用したパラメータと前記感度の調整に適用したパラメータは交錯しないようにする。万一、交錯した場合は、再度そのパラメータ間の影響度を算出し、同様な計算を行う。

【0147】この時の調整時の指標としては前記収集されたデータから算出された“工程能力指数x”と計算される“工程能力指数C”を用いて、判断し調整を実施する。工程能力指数とは、『工程を安定した状態に維持した場合、その工程から生産される製品の品質達成できるばらつきの値』であり、公差を標準偏差の6倍で割った値を工程能力指数(Cp)としている。表1に工程能力指数の概略値とその解釈指標を示す。

【0148】

【表1】

表 1

工程能力指数の概略指標

Cpの値	工程能力から判断値	一般的な処置法	不良率
$Cp > 1.67$	充分過ぎる	管理の簡素化とコスト低減が必要	0.6ppm以下
$1.67 > Cp \geq 1.33$	充分である	理想的な状態であり維持する	63ppm以下
$1.33 > Cp \geq 1.00$	ますますである	工程管理を強化し、不良発生を阻止する	2700ppm以下
$1.00 > Cp \geq 0.67$	不足している	不良が発生しており全数選別が必要	
$0.67 > Cp$	非常に不足している	緊急対策が必要 規格の見直し	

【0149】従って、計算される工程能力指数は表1より1.0以上が必須でありその上限は1.67を限度している。また、これらの値は前記実績データから計算される工程能力指数 x とも比較を行い、所定の値に相当する水準値が決定される。

【0150】かかる時点で、出力をより安定化できるパラメータの平均値と目標値により近接するパラメータの平均値が決定される。

【0151】(4)：次に、前記(3)項の各パラメータの許容範囲を求める。この範囲は前記収集された実績データから算出された各実績値と、前記(1)～(3)項によって計算された値とを比較しながら、その範囲を決定する。一般的には、前記収集された実績データから算出された各実績値で設定される管理値と同等か、あるいはその管理値が緩和される傾向になるように計算できる。

【0152】(5)：次に、前記(4)項の結果は、前記製造装置7のプロセスパラメータの設定値にフィードバックされる。

【0153】かかる時点で、前記製造装置7に設定されたプロセスパラメータで製品の着工を行い、その実績データにて最終的な確認を行う。この時、もし設定したパラメータが不適合である場合は再度かかる設定条件でデータを収集・蓄積し、前記計算手段12から再試行するようにしている。一方、設定した条件が予測値と格差がない場合には、これらの値は前記製造条件サーバ2にそのデータを蓄積して行き、この蓄積されたデータにより前記製造装置7の製造パラメータとしてダウンロードすることも可能である。

【0154】かかる構成によれば、前記製造装置7から

の膜厚や寸法の工程能力指数が増加し、品質の向上とプロセスの安定化が達成でき、製品の不良が低減でき、品質が大いに向上する。

【0155】又、かかる計算手段は、前記製造装置の新規導入時のプロセスパラメータの設定値の決定をする場合でも、オフラインでも十分活用できるものである。この場合は、最初のプロセスパラメータの決定時に最適化が実現されるので、通常の品質の監視だけで十分であり、よりリアルタイム性が確保出来る。もし、設定された値が前述のノイズによりその品質に変化の兆候が現れた場合でも、かかる計算手段にてそのパラメータを逐次更新することが可能であるため、未然に不良を防止できる。

【0156】更に、ある一定期間継続して実績データの収集・蓄積を行い本計算手段で計算した結果が正しいと判断できれば、従来から実施されている先行処理(着工前にダミーウェハを使用して、着工製品のプロセスパラメータやその出力を確認するために、前もって実施する処理方法)をも削減することが可能であり、益々設備の稼働率が向上し、生産能力が増大する。

【0157】更に、かかる手法によれば、ある一定期間継続して実績データの収集・蓄積を行い本計算手段で計算した結果が正しいと判断できれば、後述する手法により、該当工程毎のPQCのための検査を削除できるようにしている。

【0158】即ち、図7の左下に例示するように、前記製造設備7の正常動作(工程能力指数を所定レベルで確保し、他の状態変数も変りなく正常動作と判断できる場合)を前記プロセスパラメータで表現し、前記製造装置7の正常時の固有のモードを作り、その指標にて継続的

に監視・管理することができるので、PQCのための検査結果が不要になり、益々生産効率が向上し、製造コストも低減できる。

【0159】図8は前述の計算手段12～14を採用した場合の出力例と従来の手法での出力例を比較した図であり、図9は前記計算手段にて計算された許容値の出力例である。

【0160】図8の出力例では、前記計算手段を適用することでバラツキが大幅に改善され、かつその平均値も、所要の目標値に合致していることが判る。例えば図10の如く、その許容範囲（規格範囲）を一定とすると、その工程能力指数が2倍になっており、この時、標準偏差は1/2になり、大幅に出力の変動幅が低減できており、品質が向上し、そのプロセスもより安定化していることが判る。

【0161】図9は図8の出力例における前記プロセスパラメータの許容差の設定例を示した図表である。7つのプロセスパラメータの内、前記計算手段にて計算された“処理圧力”，“冷却温度”，“回転数”と“座標値”のプロセスパラメータでは、その計算値が実績の設定より許容範囲が小さく、且つ前述の計算手段13の分散分析結果によってそれらのパラメータのSN比に対する寄与度が非常に大きいので、これらのパラメータは前記出力のバラツキを抑制するパラメータであると判断できた。一方、他のパラメータは前記出力のSN比の寄与度が低く、前記平均値を調整するためのパラメータとして区分されている。

【0162】かかるパラメータの許容差の設定においては、前記計算手段にて計算された値を適用するのが最良であるが、もしその値がゼロの場合或いは許容差が厳しい程その管理コストが増大する理由から、現状の許容差と比較して最終値を決定する。即ち、前記計算される許容値範囲と実績の許容値範囲において、それらの工程能力指数の差が有意差がない場合には、その許容差は実績値の許容差範囲に設定される。この時でもその平均値は既に、前記計算手段にて決定されているので、その工程能力指数は僅かな変化のみである。

【0163】一方、他の“処理温度”，“ガス流量”と“露光時間”のプロセスパラメータは、前述の計算手段にて既に区分されており、所定の出力の目標値に調整す

$$R(s, t) = (1/p) * \sum_{i=1}^p X'(s, t) * X'(j, i)$$

【0173】(2) : $X'(i, j)$ の転置行列 $X''(i, j)$ と $R(s, t)$ の逆行列 $R^-(s, t)$ から D^2 を算出する。この段階で、前記収集されたデータ毎（行毎）に p 個の D^2 の値が計算される。

【0174】

$D^2_i = X''(i, j) * R^-(s, t) * X'(i, j) / j$
④ : 前記 p 個の D^2_i の値が前記製造装置の固有の状態を表現する基準空間となる。

るパラメータであるため、前記工程能力指数とは関わりなく、その管理が緩和されるより大きい方の値が設定される。

【0164】かかる許容差の設定により、前記出力のバラツキを低減でき、かつ所望の目標値に合致することが出来、更に、前記プロセスパラメータを管理する管理コストや維持費を低減することができるようになってい

る。
【0165】図11、図12は本システムにおける、前記製造装置7からの多次元の状態変数（状態の固有モード決定パラメータ）から、前記該当設備の状態を決定する“基準空間”の作成手法のフローとその計算手法を示した図である。

【0166】① : 前記各製造装置から収集された前記製造装置7のプロセスパラメータである圧力や流量のデータと、前記結果である寸法等の出力パラメータから、前記製造設備7にフォーマット60の書式で編集する。これらのデータは前述と同様に、二次元の表で有り、その“列”は、前記各製造装置に対応して監視する状態変数の数 (n 個) を割り当て、その“行”は、収集するサンプル数 (p 個) である。この二次元の表を $X(i=p, j=n)$ のマトリックスとする。

【0167】この $X(i, j)$ の条件としては、
(1) : $p > n$ であり、 p は n の2～3倍数以上のデータ数が好ましい。

【0168】である。

【0169】② : 前記 $X(i, j)$ を統計手法にて変換・正規化し、そのマトリックスを $X'(i, j)$ とする。

【0170】

$$X'(i, j) = (X(i, j) - \mu_j) / \sigma_j$$

ここで、 μ_j はパラメータ毎の p 個の平均値

σ_j はパラメータ毎の p 個の標準偏差

③ : D^2 (マハラノビスの距離) の算出

(1) : $X'(i, j)$ から各パラメータ間の相関行列 $R(s, t)$ を算出する。

【0171】この段階で、行列はパラメータの数だけの $n \times n$ の正方行列（相関行列）となる。

【0172】

【0175】この基準空間は図11に示す様に、その平均が1で標準偏差 σ の正規分布となる。前記基準空間を作成したパラメータのいずれか或いは相互作用でいくつかのパラメータに変化が生じた場合、例えば前記製造装置7のプロセスパラメータである“圧力”が何らかの理由で前述の計算手段によって計算された所定の許容範囲以上に変動した場合、前記 D^2_i の分布（空間）は図11に示す破線形状に移行する。即ち、前記基準空間から、

その距離が徐々に離れて（増加）行くので、前記製造装置 7 は正常動作時に作成した基準空間とは異なった状態に変遷したものと判断できる。

【0176】従って、前記製造装置 7 を新規に導入し、前述のプロセスパラメータのフィードバックを行いながら、その動作状態を監視する場合や、或いは前記製造装置 7 のオーバーホール後や修理後に前記計算手段で所定のプロセスパラメータを算出した後、引き続き監視を継続して実施する場合でも、再度本手法にて、その時点での基準空間を作成し直して、この再作成時の基準空間を基準として前記製造装置 7 の動態変化を継続的に動作させることができる。又、従来の単一の警報値による管理法や、各パラメータの組合せによる警報の順位判定法に比べて、より総合的に前記製造装置 7 の状態変化を捉えることが出来るので、信頼性が高いとともに汎用性に優れる。

【0177】更に、本手法では、前記製造設備 7 の出力である寸法等の検査パラメータを、前記基準空間作成時に削除することも可能である。このため、従来では工程管理上必須の PQC 工程を削除し、その生産効率をより向上させるという処置を取ることができる。この理由としては、前述の如く、既に前記計算手段により前記製造装置 7 のプロセスパラメータとその出力は所定の因果関係にて最適値に設定されており、プロセスパラメータだけでも容易に関連付けられているためである。又、前記出力とは別に、前記製造装置 7 の動作パラメータである、例えばプロセスの“プロファイル時間”等を適用することによって、前記製造装置 7 の動作変化を監視・管理することにより、より総合的で確度の高い製造装置の動態管理が実現できる。

【0178】以上、本発明による基準空間法による前記製造装置 7 の状態変数の監視によれば、管理者は改めて、管理するプロセスパラメータの設定値や警報値等のデータベースを作成或いは更新する必要がないので、管理の業務効率が向上すると共に、生産効率が向上する。

【0179】図 12 は、前述の基準空間の作成とその後の処理フローを示した図である。

【0180】前記基準空間作成後の処理フローは基本的に前記監視される前記該当製造装置 7 からの各状態変数値（図 13 のフォーマット 80 の列単位）で構成されるマハラノビスの距離： D^2 値（ある時刻の機器の状態空間値）と、前記基準空間の値との隔離距離を計算し、連続して、その値で機器の状態変化を監視し、或いはその状態変化の判断を連続的に実施する。

【0181】前述の処理フローにおいて、 D^2_i の値が D^2_{INI} 以下でかつ増加傾向でない場合は、その状態を表示する監視モードを連続して繰り返し、そうでない場合はその動作状況が変化したものと判断する。ここで、前述の判定基準値 D^2_{INI} は、前述の基準空間作成時に同時に作成してある数値である。かかる事例を前述の図 7 に示

す。

【0182】即ち、前述の如く、この基準空間は前記製造装置 7 の正常動作時の状態空間の指標で有り、その平均値が“ ≈ 1 ”で、かつ各パラメータの変動を含んだ標準偏差 σ の空間である。従って、計算された D^2_i の計算値が“ $1 + 3 * \sigma$ ”以内であれば、危険率 0.3% で製造装置の状態に変化無しと判断され、一方、“ $1 + 3 * \sigma$ ”以上であれば、危険率 0.3% で製造装置状態に変化有り或いはその動作が異常の兆候有りと判断する。本システムでは、 D^2_{INI} の値を基準空間の標準偏差 σ より 3σ から 3.5σ の範囲としている。

【0183】前記“ D^2_i ”の値が D^2_{INI} 以下ならば、継続してその動作の変化を監視し続ける。一方、それらの値が近接傾向にある場合は、“プロセス異常”であるという警告を出し、管理者或いは作業者に、前記製造装置 7 の対策要求の徹底を促す。かかる段階で前記製造装置 7 の“異常或いは正常動作以外の状態”であるという情報が開示され、前記該当製造装置は修理、メンテが実施され、前記図 4 に示すフォーマットにその内容を残し、前記処理実績サーバ 3 に保存する。修理・メンテが終了した時点では、再度基準空間を作成し、前述のシーケンスに戻り、前述の手法にて継続してプロセスパラメータの制御、設定とを行い、さらに動作状況の総合的な監視を行う。

【0184】図 13 には、前記基準空間を作成するために予め具備されているフォーマット例 80 の構成例であって、二次元の“表”の形式をとっている。前記各製造装置 7 の処理作業において、所定の段階で、各工程と各品種毎に前記処理実績サーバ 3 より、時系列的に“行”として登録し、この“行”を各設備と各工程と各品種、ロット毎に処理実績順に並べて構成する。一方、前記“行”情報は前記各製造装置 7 毎の処理条件のプロセスパラメータの処理実績データと、前記検査項目の膜厚や異物頻度の検査実績データからなり、各々の内容が“表”における“列”に対応して登録されている。前記“列”には前記プロセスパラメータの実績データ以外にも、前記製造装置 7 の状態変化を示すと思われるパラメータ、例えば“プロファイル時間”や“炉の使用回数”等、を選択して追加登録することが可能である。更に、プロセスが安定化した時点では前述のように、検査結果のパラメータが不要であるので、削除することも可能としている。かかる構成は、より省力的で且つより総合的な監視を実現することを目的として具備されているフォーマットであり、前記製造装置 7 の自動運転作業時、即ち、本システムの前記製造装置 7 の動作に先だって予め前記処理実績サーバ 3 に設定されているものである。

【0185】図 14 は前記コントローラ 5 の内部の処理フロー例を示した図である。

【0186】前記コントローラ 5 は前記インターフェイス 10 の信号より前記工程管理サーバ 1 に前記材料の I

Dや管理コードの間合せを行い、前記材料の合理性（品種や装置コード、枚数等）をチェックする。この時、前記処理実績サーバ3の情報から前回実施した前記製造装置7の処理した条件の実績値と前記計算手段にて計算された最適のプロセスパラメータとの照合・比較を実施する。このため、前記実績ある製造条件（プロセスパラメータ）と或いは前記製造条件サーバ2内の製造条件の規格値を参照して、今回実施する製造条件の整合性を確認するようにする。即ち、機能AF1を前記合理性のチェック1に付加している。このチェック機能により、その整合結果が良ならば、前記コントローラ5は所定の信号により間合せを行い、その合理性をチェックする。これらの整合性の確認結果は前述と同様に、前記インターフェイス10の表示部や端末機器6に同時に表示される。この時の前記端末機器6に送信される信号はAF2であり、この表示結果を作業者が確認した時点で、作業者は着工する材料の工程管理情報と製作条件との整合性を確認出来たので、前記製造設備7に材料をローディングする。前記コントローラ5はこの時点で、前記処理条件サーバ2から、その製造条件の最適値を読み込み、前記製造装置7に所定の信号にてダウンロードし、前記製造装置7を自動運転する指示を出す。

【0187】或いは、その整合結果が否ならば、前記コントローラ5はその動作シーケンスを打ち切り、当初のアイドル状態に戻り、前記製造装置7の自動起動しないようにしている。

【0188】この時でも、前記端末機器6の表示手段6cと前記インターフェイス10の表示部に、前述と同様に、その結果を表示し、適切な処理を催促する。

【0189】次に、所定の処理が終了した時点で、前記製造装置7は所定の信号にて終了報告を前記コントローラ5に報告する。この時点で前記コントローラ5は前記処理条件の実績結果を前記製造装置7から収集し、収集が完了した時点でそのデータを前記LAN11を介して前記処理実績サーバ3に収集される。

【0190】これらの収集されたデータは前記端末機器6に送信され、その表示手段6cに時系列に動作内容とその結果を表示される。

【0191】次に、前記コントローラ5は前記処理条件の実績報告に加えて、前記工程管理サーバ1にも実績報告を行い、更には前記材料に付随しているIDや管理コードに対しても、所定の信号にて、前記インターフェイス10を経由してその内容の更新を実施する。

【0192】又、この状態変化は、前記インターフェイス10の表示部や前記端末機器6に表示されると共に、前記処理実績サーバ3に収集される。

【0193】次に、前記コントローラ5はかかるシーケンスが終了した時点で、内部のシーケンスの合理性を確認し、確認後前記製造装置7内にある材料をアンロードする指示を行う。この時の状態変化は、前述と同様に、

前記端末機器6に送信され、その表示手段6cに、時系列に表示される。

【0194】次に、前述の計算手段11～14により、前記製造装置から収集されたデータとその検査結果とから、逐次或いは定期的に再度計算を行い、そのプロセスパラメータの最適化を行い、前記処理実績サーバ3にその結果を伝送し、又、実際の動作状況の総合監視を前述の基準空間法にて実施し、待機状態になる。

【0195】以上の説明は前記製造装置7のみを対象に行っているが、図1に示すように、前記コントローラ5には数台の装置を扱えるようになっており、接続される装置毎にかかる動作を実現している。又、前述の合理性のチェックにおいて、整合が取れない場合にも、その結果と内容を前記端末機器6と、前記インターフェイス10の表示部に表示される。

【0196】かかる構成により、前記製造設備7の処理条件が何等かの理由で変わっていても、その条件で材料を処理することがなくなるので、品質が安定化すると共に、不良を低減することが可能になり、更に生産効率が向上する。

【0197】以上の実施例の説明では、半導体製造ラインにて、種々の管理機器や通信機能を具備した製造装置とネットワークにより製造装置の自動運転化と品質の安定化を目指すシステムの構成例を示したものである。しかし、製造ラインの立ち上がりは本ラインに適用される製造装置の性能の達成度によって大きく左右される。このため、前記製造装置の性能をラインに設置する前や試作段階で速く見極めることは、製造ラインの量産立ち上げ時の期間短縮に多大な効果がある。従って、前記製造装置の性能やプロセス条件を見極め、より安定化されたプロセスパラメータを早期に確定できるようなツールがあれば、ラインの立ち上がりの期間を短縮できる。

【0198】このため、図15に示すように、前記計算手段11～14の機能を特有の別の管理機器（シュミレータ）30に装備し、前記製造装置の評価やプロセスパラメータの設定のためのツールとして位置付けている。このため、前記管理機器（シュミレータ）30を活用することによって、他の管理機器が予め揃っていないとも前記製造装置の性能やそのプロセスパラメータを事前に評価でき、かつ最適のプロセスパラメータをも短期間で設定できるので、非常に有効な立ち上げ支援のためのツールとなり、製造ラインの立ち上げの期間の短縮に寄与することできる。

【0199】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、

(1)：前記製造設定条件管理機器内の設定条件や判定基準と、前記計算手段11、12によって前記各製造装置の処理したプロセスパラメータの実績データとその出力値である検査結果とが、設備単位毎に所望の工程毎或いは品種毎に収集され、これらの収集されたデータは一

般的な統計手法によって整理・編集されるので、これらの値を逐次前記製造条件やその判定値と比較でき、且つその結果を前記端末機器に開示するので、前記製造装置のパラメータ毎の状態変化とその時の検査結果とを容易に監視でき、もしこれらの値が前記製造条件やその判定値の管理値以内ならば作業者はその作業を継続して行い（着工）、一方これらの値が許容差以外或いは判定値以上であるならば、作業者は前記製造装置の着工を許可しないで、その原因究明や別の製造装置で作業を行う段取りをするので、不良を未然に防止することが出来、その製品の歩留まりが向上すると共に、生産効率が向上する。

【0200】（2）：前記半導体製品を製造するための製造設備の条件或いはパラメータの制御は多変数制御系であったが前記計算手段12によって、前記製造装置のプロセスパラメータとその製作条件で実施した出力値（検査結果）との因果関係が明確になり、前記製造装置の処理動作を制御するための設定パラメータの調整やその調整した効果等を自動的に予測できるため、人手で行う必要がなくなり、もし管理値を外れた場合にも、前記製造装置を停止し実機による検証を実施しないで、計算にてその原因追求を行うことが可能である。従って、省力化が達成できる。

（3）：前記計算手段13、14の結果より前記製造装置のプロセスパラメータとその出力との因果関係が明確化されているので、その結果を基に前記計算手段14にて、これらのパラメータの調整を計算機上で行うことができる。即ち、前記プロセスパラメータにおいて、前記出力（検査結果）のバラツキを圧縮できるパラメータと所定の目標値に合わせこむプロセスパラメータとを判別し、これらのパラメータを調整して、よりバラツキが少なくかつ目標値に合わせ込み、最終的にこれらの許容範囲を算出する。かかるこれらの値は、前記製造装置で製作する膜厚、寸法等の結果の品質が向上するパラメータであり、且つ現状の過剰な基準管理値を緩和するパラメータとなっているので、より一層の品質向上とその管理工数を低減できる。

【0201】（4）：前記計算手段11～14は一連のシーケンスに実施され、これらに提供されるデータ群は、前記各製造設備から所定の品種や工程に該当する設備毎に処理された実績データであり、且つその検査結果も実績データである。従って、前記製造装置の個体差を吸収できる。更に、前記設備にて製品を製造するに従い、部品の磨耗や劣化や消耗或いは汚れによって前記パラメータの状態が変化するが、着工が完了した時点で上記一連の動作を逐次、或いは定期的な間隔で実行することで、それらの影響も含んでプロセスパラメータの調整が可能である。

【0202】従って、最終的に本プロセスパラメータを、前記製造設備に逐次フィードバックを行い、その品

質を向上することができ、プロセスが安定化し、歩留まりが向上する。また、前記製造条件管理機器にその実績を公開することで、前記製造設備の製造上の来歴管理も可能である。

【0203】このように本発明の半導体製造プロセス安定化支援システムでは、収集データの信頼性に優れ、また製造装置で処理される結果の質の最適化と安定化とを実現でき、且つ製造設備のトータルメンテナンスにも寄与できるので、品質が向上するとともに歩留まりも向上し、生産効率が向上する。さらに、製造ラインの短期立ち上がり可能なので、増々の生産効率の向上と省力化を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す品質管理支援システムのシステム構成図。

【図2】本発明の主な処理の処理フローを示す説明図。

【図3】本発明のデータ収集方式を示す説明図。

【図4】処理実績データのフォーマットの例。

【図5】検査データの出力例。

【図6】製造装置の因果関係を説明する図。

【図7（1）】品質改良計算手段の処理内容を説明する図。

【図7（2）】品質改良計算手段の処理内容を説明する図。

【図8】従来の出力例と本発明の計算手段を適用した出力例。

【図9】許容差の計算結果例。

【図10】計算手段に適用する計算表の例。

【図11】基準空間の作成法を示す説明図。

【図12】設備総合監視のための基準空間の処理フローの説明図。

【図13】設備総合監視のための基準空間作成時のフォーマット例。

【図14】コントローラの内部処理フローの説明図。

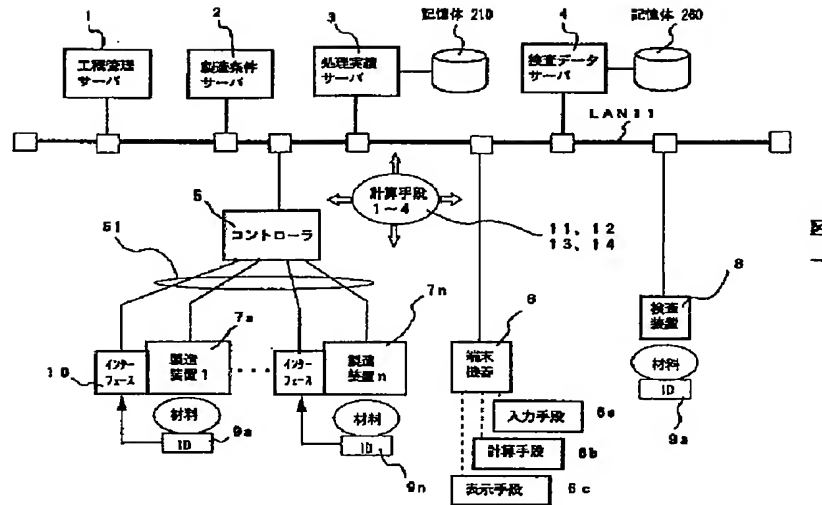
【図15】評価ツールとして構成した場合の構成を示す説明図。

【符号の説明】

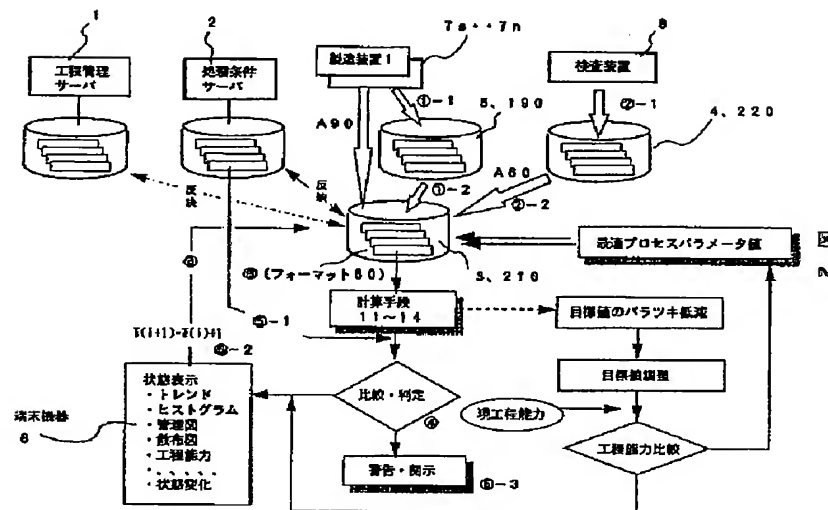
1…工程管理サーバ、2…製造条件サーバ、3…処理実績サーバ、4…検査データ収集サーバ、5…コントローラ、6…端末機器、6a…端末機器の入力手段、6b…端末機器の計算手段、6c…端末機器の表示手段、7…製造装置、8…検査装置、9…製品ID、10…マンマシンインターフェイス、11…LAN、11…計算手段1、12…計算手段2、13…計算手段3、14…計算手段4、15…基準空間作成の計算手段、30…シミュレータ、51…通信ケーブル、60…計算手段1のフォーマット、71…製造装置のプロセスパラメータ、72…製造装置の誤差パラメータ、80…基準空間作成時のフォーマット、180、200、230…メッセージキュー、190、220、240、260…副記録媒体、

250...主記録媒体。

【図1】



【図2】

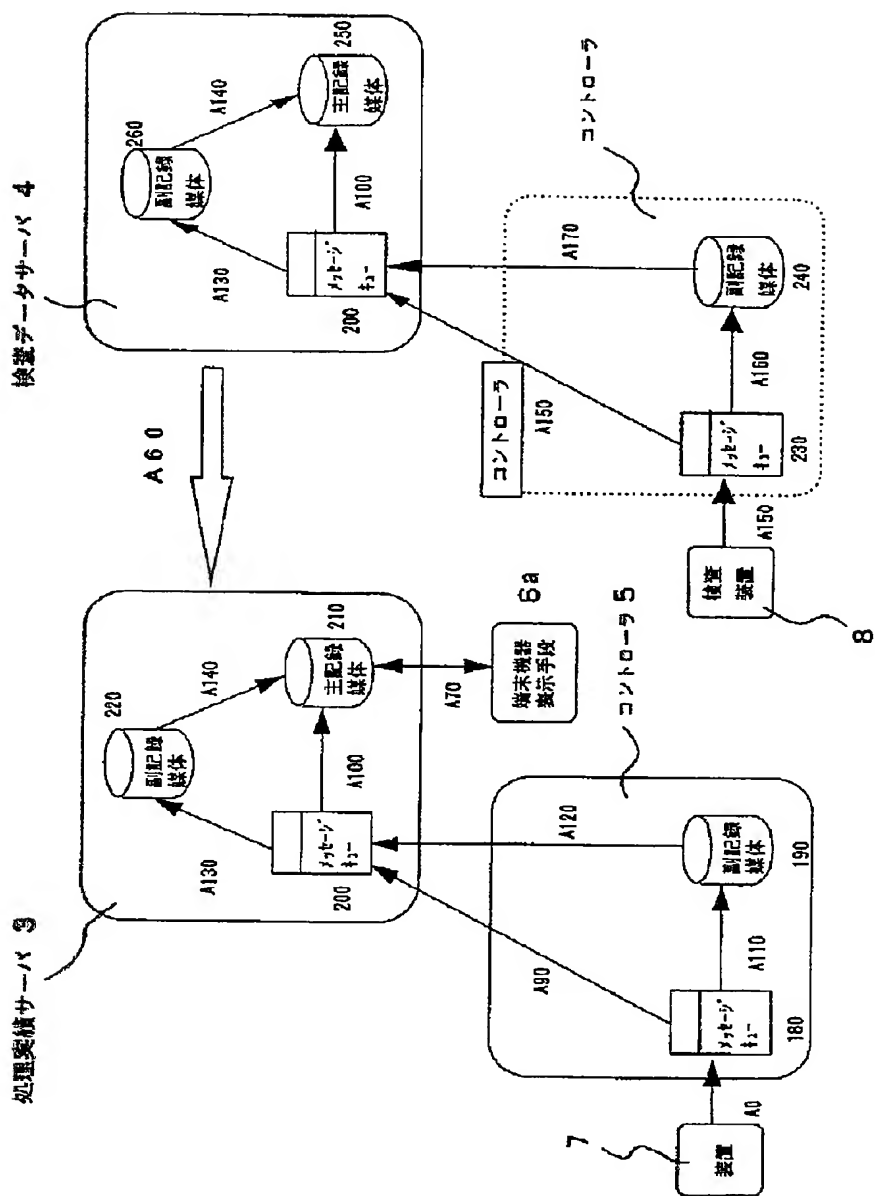


【図9】

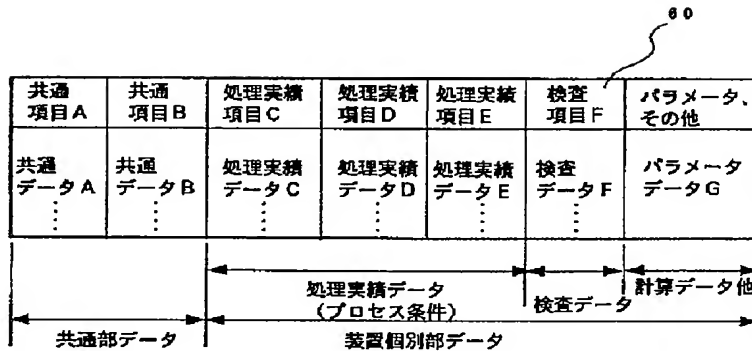
No.	プロセス名	現状設定値	計算手段1~4	許容差	備考
1	処理圧力(X1±)	± 50 kPa	± 20 kPa	± 50 kPa	現状設定
2	処理温度(X2±)	± 80 °C	± 100 °C	± 100 °C	現状設定
3	ガス流量(X3±)	± 50 l/分	± 70 l/分	± 70 l/分	現状設定
4	冷却温度(X4±)	± 50 °C	± 0 °C	± 50 °C	現状設定
5	露光時間(X5±)	± 20 sec	± 20 sec	± 20 sec	現状設定
6	振動量(X6±)	± 5 μm	± 4 μm	± 5 μm	現状設定
7	回転数(X7±)	± 70 rpm	± 80 rpm	± 80 rpm	現状設定
8	...	± XXX	± YYY	± ZZZ	現状設定

【図3】

図 3

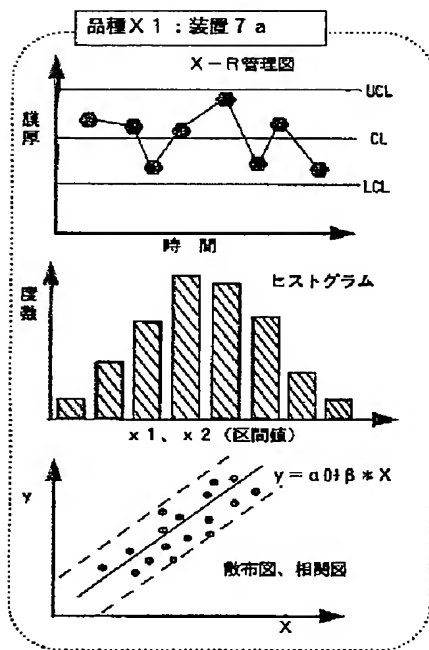


【図4】



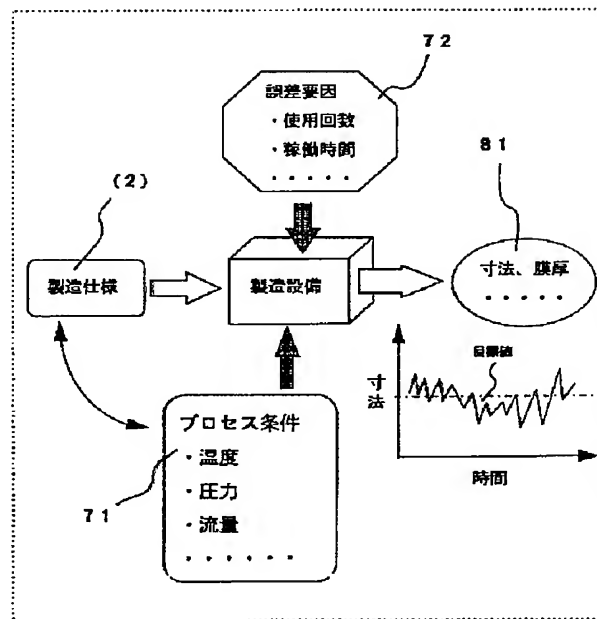
【図5】

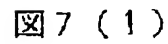
図 5



【図6】

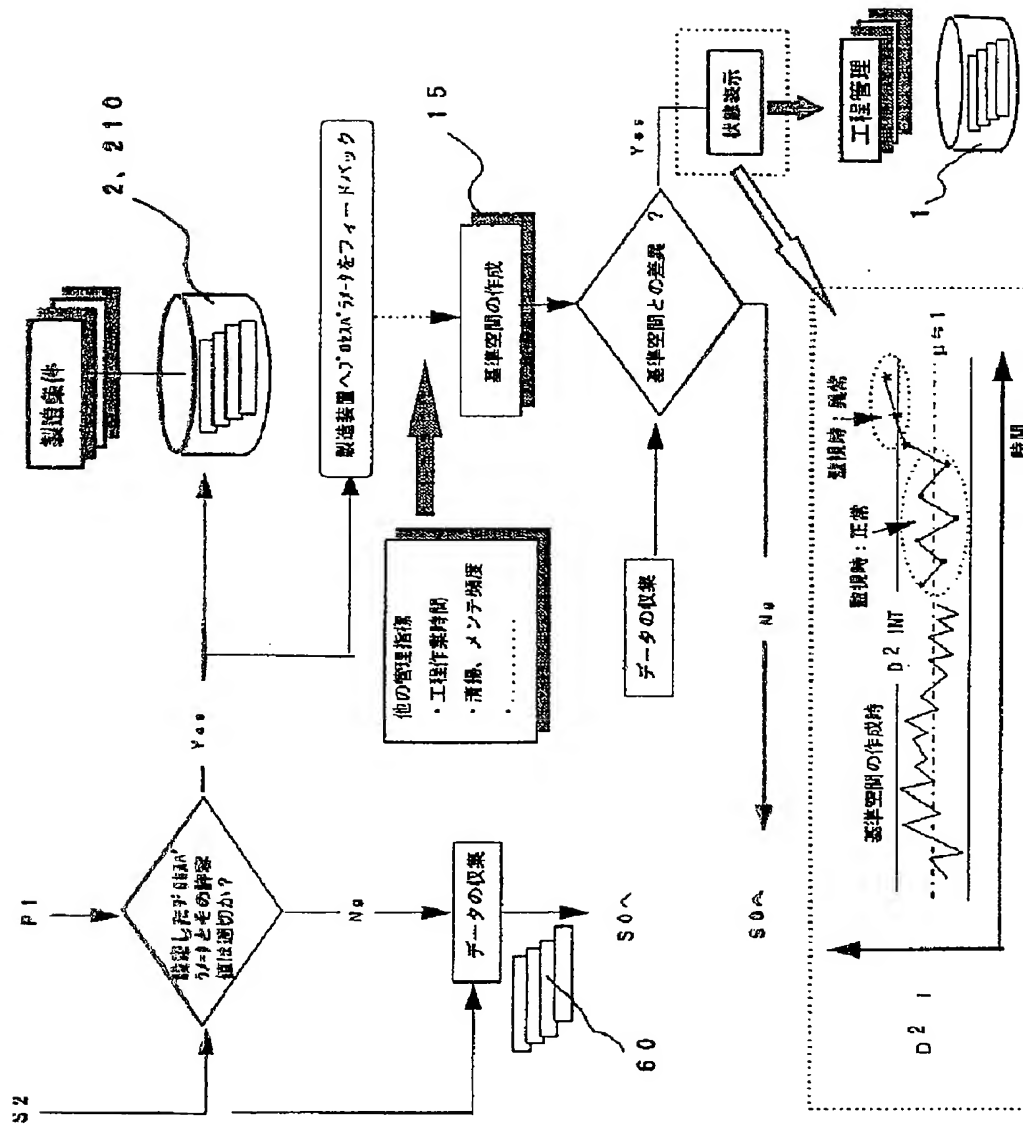
図 6





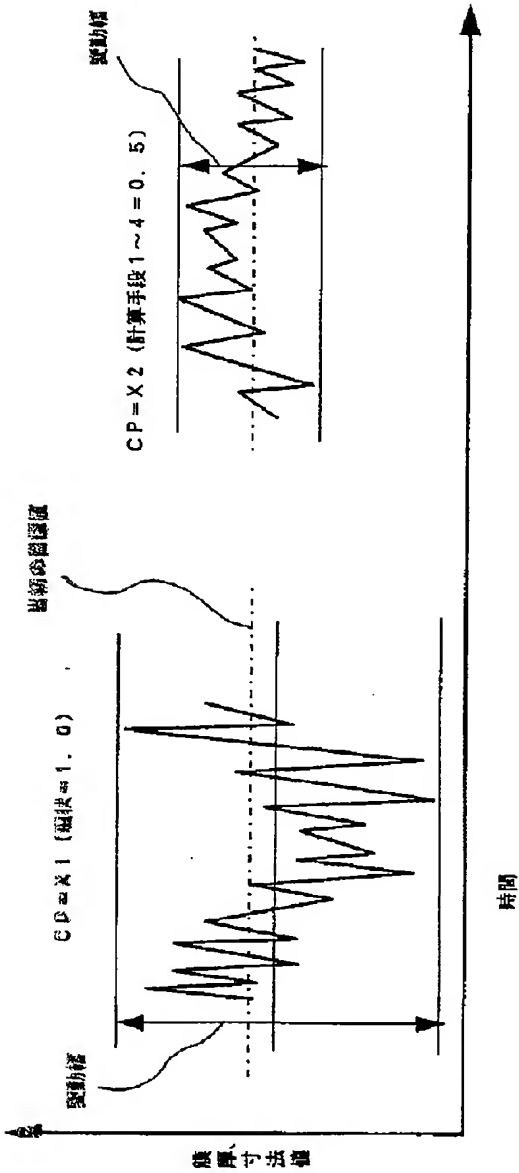
【図7(2)】

図7(2)



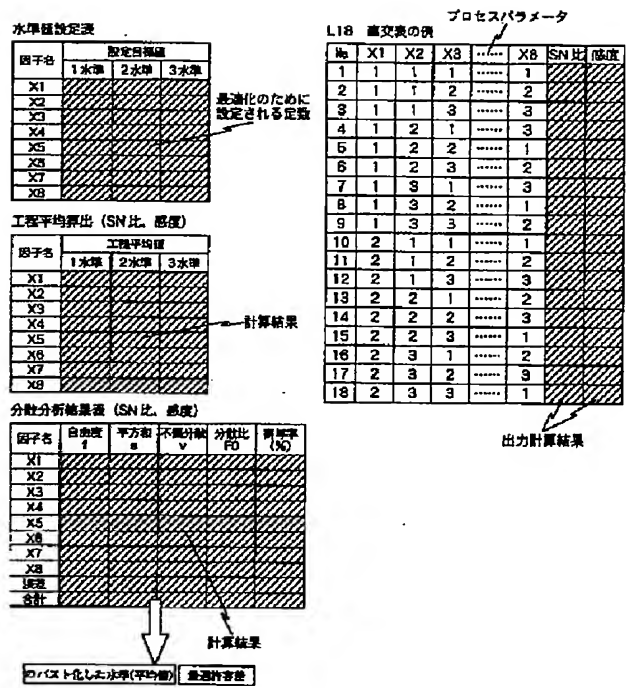
【図 8】

図 8



【図 1 0】

図 10



【図 1 3】

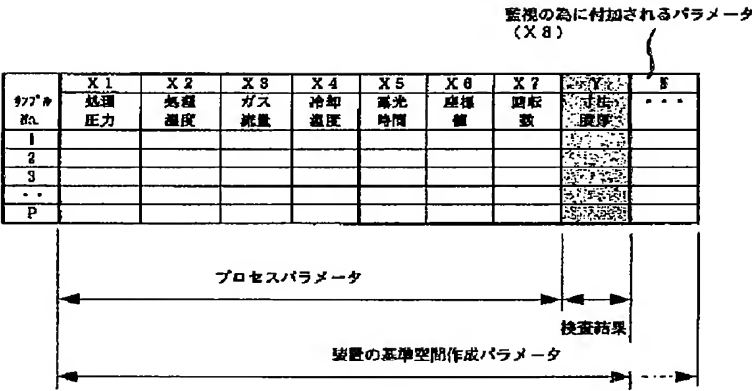
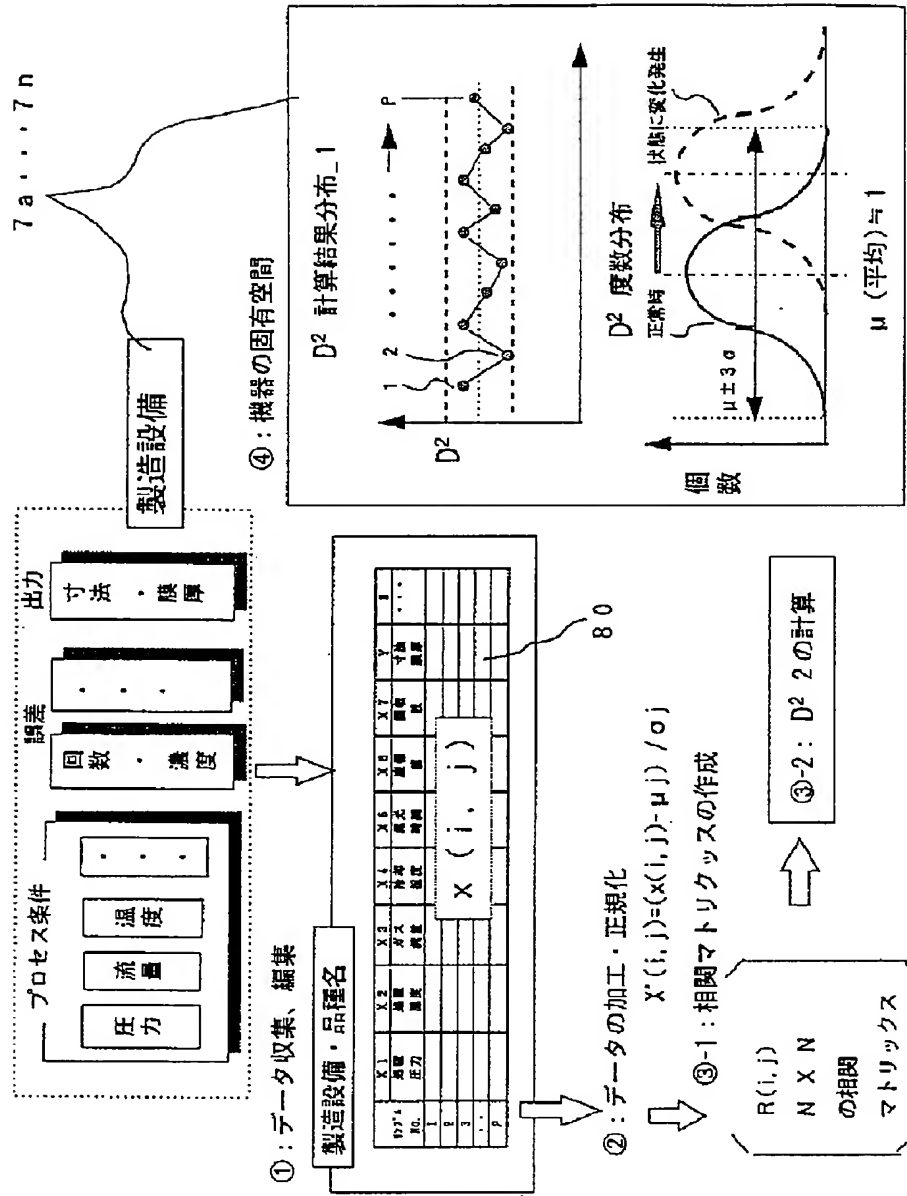


図 13

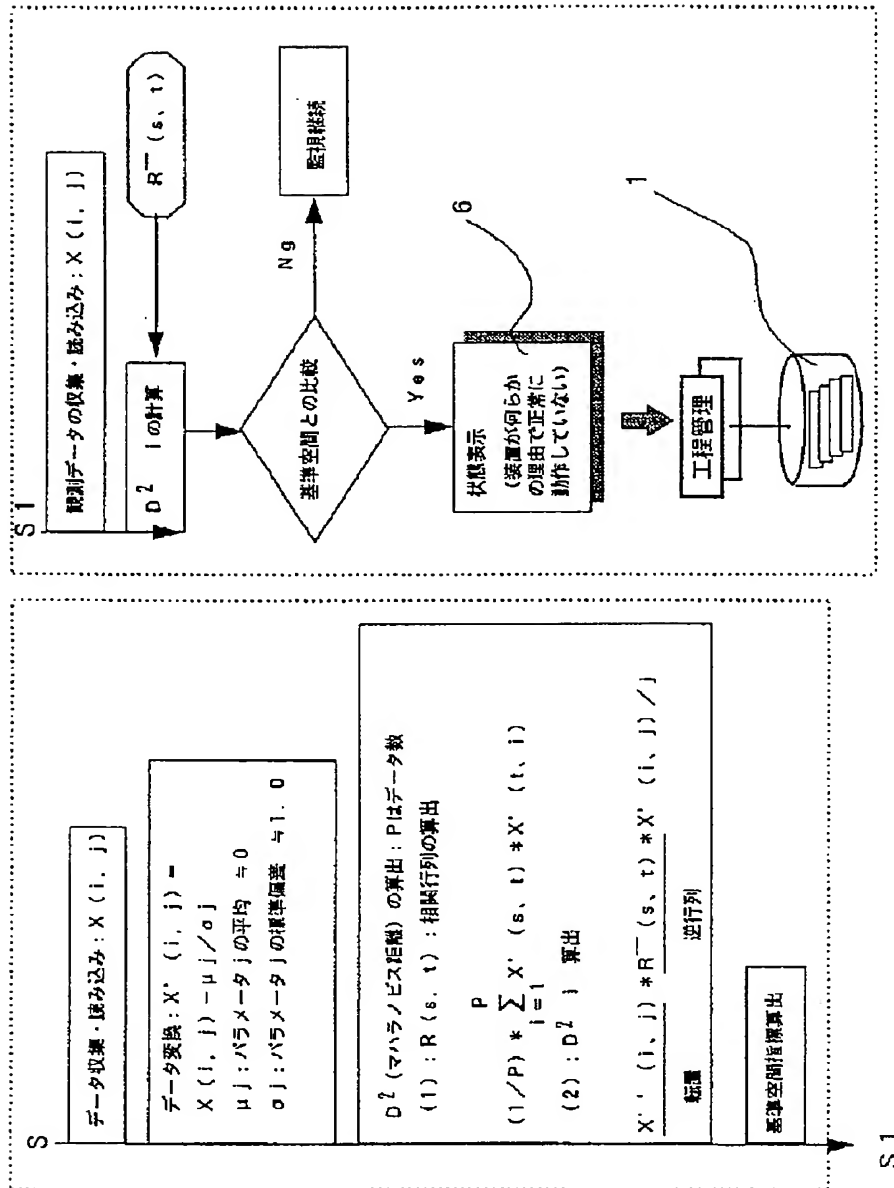
【図11】

図 11

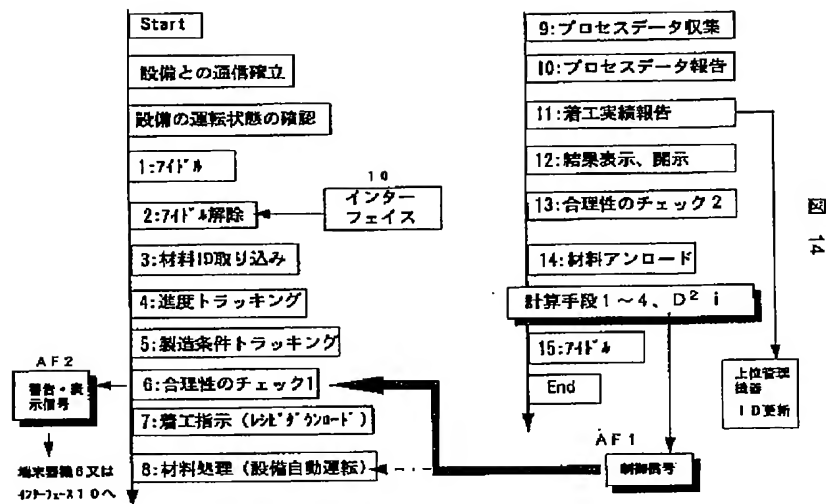


【図12】

図 12



【図14】



【図15】

図 15

